

## JAHRESBERICHT 2015

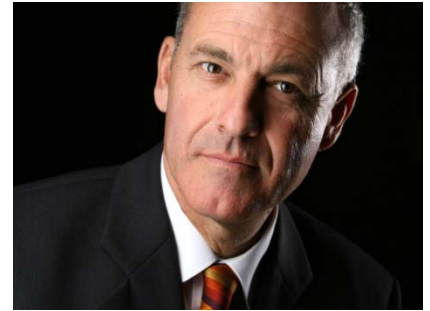




## Die Landesanstalt für Agrartechnik & Bioenergie – Fit für die Zukunft

Auch für das Jahr 2015 berichtet die Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie im vorliegenden Band über ihre Aktivitäten! Es werden Projekte zu vielen Themenbereichen dokumentiert.

Ausgangspunkt ist die seit Jahrzehnten so erfolgreiche Biogasforschung – hier zählt die Landesanstalt zu den führenden Einrichtungen in Deutschland mit zahlreichen wissenschaftlichen Kooperationen im In- und Ausland und einer engen Verzahnung mit der Industrie. Dies entspricht dem Auftrag zur praxisnahen Forschung. Die Bewertung der Forschung erfolgt nach in der Wissenschaft gültigen bibliometrischen Indikatoren; auch hier ist die Landesanstalt sehr gut aufgestellt.



Grundlage für eine erfolgreiche Forschung und Einwerbung von Drittmitteln sind einerseits herausragende Mitarbeiter und andererseits eine angemessene Laborausstattung. Der Um- und Ausbau der Laborräume im Forschungsgebäude ist auf einem sehr guten Weg. Das größte Forschungsinstrument der Landesanstalt und in Deutschland einzigartig, ist die Forschungsbiogasanlage am Standort Lindenhöfe der Versuchsstation Agrarwissenschaften. Die Anlage ist mit Projekten bis Ende 2017 ausgelastet. Derzeit werden technische Weiterentwicklungen vorgenommen, um die Forschungsbiogasanlage fit für die Zukunft zu machen. Diese Weiterentwicklung zur optimalen Ausgestaltung der Forschungsanlage wird maßgeblich von Herrn Dr. Lemmer vorgenommen, der auch für die wissenschaftliche Leitung der Biogasanlage zuständig ist. Im Jahr 2015 waren folgende Maßnahmen geplant und sind zum Teil bereits umgesetzt:

- Erneuerung der Mittelspannungsversorgung mit Transformator,
- Austausch des BHKW (Leistungssteigerung von bisher 186 kW<sub>el</sub> auf zukünftig 350 kW<sub>el</sub>),
- Ziel einer vollständigen Eigenstromversorgung der Versuchsstation,
- Baugesuch und Erstellen der Bauunterlage für ein gasdichtes Gärrestlager (4.800 m<sup>3</sup>) mit Einbindung in Gülle- und Gassystem,
- Bau von drei Zuckerrübenfahrhilfen.

„Die Universität Hohenheim hat die **Bioökonomie** zum Schwerpunkt von Forschung und Lehre gemacht. Einzigartig in Deutschland, besitzt sie die umfassende Expertise, um die gesamte Wertschöpfungskette der Bioökonomie abzudecken. So spannt sie den Bogen von Pflanzen- und Tierproduktion über neue technische Verfahren bis zum notwendigen Veränderungsprozess in Wirtschaft und Gesellschaft“ (Bioökonomie-Strategie der Universität Hohenheim). Wichtige neue verfahrenstechnische Prozesse der Bioökonomie, die für einen tiefgreifenden Wandel der Energieversorgungsstruktur und der Wirtschaftsweise erforderlich sind, werden an der Landesanstalt entwickelt und erprobt. Dabei reicht das Spektrum an der Landesanstalt von grundlegenden Untersuchungen und Entwicklung gänzlich neuartiger Verfahrensansätze, über die Begleitung von Pilotanlagen bis zur Evaluierung von technischen Anlagen im Praxismaßstab. Kernkompetenz der Landesanstalt ist dabei die Verfahrenstechnik der fermentativen Konversion von Biomasse.

Ausgehend von Ihren jetzigen Kernkompetenzen ist es Herrn Dr. Oechsner und Herrn Dr. Lemmer durch die Einwerbung neuer Forschungsprojekte gelungen, die Arbeit der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie auf die Hohenheimer Bioökonomiestrategie auszurichten und damit zu einem wichtigen Baustein der Arbeit der Universität zu entwickeln.

### Bioenergieerzeugung und Netzsystemdienstleistung

Aus dem Ausbau der erneuerbaren Energien (Wind, Photovoltaik) resultiert ein zunehmender positiver und negativer Regelenenergiebedarf für die Stromnetze in Deutschland und der EU. Langfristig wird eine stärkere Integration der Energienetze (Strom, Erdgas, Wärme) notwendig werden. Auf der Basis bestehender Biogasanlagen kann eine derart dezentrale Energienetzsystemstabilisierung erreicht werden, dass der Ausbau der bestehenden Stromnetze

nur in sehr begrenztem Umfang notwendig ist und flächendeckend stabile Energienetze mit einer hohen Effizienz gewährleistet werden.

Die Forschung der Landesanstalt fokussiert sich dabei sowohl auf die bedarfsorientierte Biogaserzeugung anhand von Lastgangkurven als auch auf fermentative Power-to-Gas Technologien:

- Flex Feed: Flexibilisierte Fütterung in Biogasprozessen mit Modell-basierter Prozesserkennung im Praxismaßstab. Finanzierung BMWi
- H<sub>2</sub>-Transfer: Entwicklung einer Methode zur biologischen Umwandlung von Wasserstoff zu Biomethan in Biogasanlagen. Projekt im Bereich Power to Gas. Finanzierung MWK Baden-Württemberg
- Einsatz der biologischen Methanisierung für Power-to-Gas-Konzepte: Fermentative Hochdruckmethanisierung von Wasserstoff. Finanzierung MWK Baden-Württemberg
- BioHydroMethan: Verfahrensentwicklung für den Einsatz der biologischen Methanisierung in der zweistufigen Biogaserzeugung; Teilvorhaben 1: Untersuchung Festbettfermenter und volldurchmischter Reaktor. Finanzierung BMEL

### **Plattformchemikalien**

Die bekannten Faktoren, steigende Rohstoffpreise, Verknappung natürlicher Ressourcen, Treibhauseffekt und der Wunsch einer nachhaltigen Entwicklung, führen zu einem verstärkten Interesse an alternativen Rohstoffen, überwiegend aus Biomasse. Ein Wechsel von einer fossilen zu erneuerbaren Rohstoffbasis bedeutet dabei zwangsläufig einen Wechsel von Öl und Gas zu nachwachsenden Rohstoffen, wie z. B. Lignocellulose. Biomasse stellt dabei die einzige Alternative regenerative Kohlenstoffquelle für die Erzeugung chemischer Produkte dar. Damit ist ein Ziel der Bioökonomie die Bereitstellung von Basischemikalien, die aus Biomasse gewonnen werden. Biobasierte Plattformchemikalien können sich als wesentlicher Markt für die Landwirtschaft entwickeln. So wird z.B. erwartet, dass der Markt für Milchsäure von derzeit 250.000 t/a auf 15 Mio. t/a bis 2020 anwächst. Herrn Dr. Oechsner ist es gelungen, zu dieser Thematik zwei grundlegende Forschungsprojekte einzuwerben:

- GOBI: Ganzheitliche Optimierung der Biogasprozesskette zur Steigerung der betrieblichen, stofflichen, energetischen und ökologischen Effizienz unter besonderer Berücksichtigung der Produktion eines natürlichen kundenspezifischen Düngemittels. Finanzierung BMBF
- OptiGär: Entwicklung effizienter zweiphasiger Biogasanlagen über eine gekoppelte energetische und stoffliche Nutzung nach Abtrennung von Hydrolyseprodukten; Teilvorhaben 2: Untersuchung der entkoppelten Hydrolyse zur gezielten Erzeugung. Finanzierung BMEL

### **Energetische Nutzung von Reststoffen und Nährstoffmanagement**

Sowohl in Deutschland, vor allem jedoch weltweit, stellen organische Reststoffe eine bedeutende Rohstoffquelle für anaerobe Konversionsverfahren dar. Gleichzeitig können durch die Verwertung Abfallmengen gesenkt, THG-Emissionen gemindert und die Verbreitung von Seuchen vermieden werden. Häufig müssen diese Reststoffe jedoch vor einer Nutzung aufbereitet werden. Nährstoffmanagement und Nährstoffrückgewinnung gewinnen derzeit eine sehr große Bedeutung. Neben Projekten mit Partnern aus Brasilien und Äthiopien, bei denen es um die Hemmwirkung von Antibiotika im Biogasprozess und die Verwertung von Kaffee-Produktionsabfällen geht, wird von der Landesanstalt folgendes Projekt zum Nährstoffmanagement bearbeitet:

- Optimierte Substratmanagement und Einfluss von Gärrestzusammensetzung auf den Boden-Stickstoff- und Boden-Humushaushalt. Finanzierung BMEL

Mit diesen Schwerpunkten wird die Landesanstalt einen bedeutenden Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung der Bioökonomie in Deutschland leisten, aber auch eine Stärkung dieses so wichtigen Schwerpunktes der Universität Hohenheim.

Prof. Dr. T. Jungbluth  
Oberleiter der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie



## Entwicklung eines Verfahrens zur fermentativen Konversion von Wasserstoff aus fluktuierenden Quellen zu Biomethan in Biogasanlagen (H<sub>2</sub>-Transfer)

Der Bereich „Power to Gas“ gewinnt in der Forschung zunehmend an Bedeutung und könnte zukünftig einen wesentlichen Baustein der „Energiewende“ darstellen. Überschüssiger Strom aus fluktuierenden Quellen wird zu Wasserstoff umgewandelt und nach dessen Methanisierung im Erdgasnetz als chemischem Speicher zwischen gelagert

Die Methanerzeugung über den Power-to-Gas-Weg wird derzeit mit katalytisch-thermochemischen Verfahren (Sabatier-Prozess) erprobt, die nur als sehr große Anlagen umsetzbar sind. Im hier vorgestellten Projekt soll die Methanisierung von Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid auf rein biologischem Wege erfolgen. Durch den Zusatz von vier Teilen Wasserstoff wird durch hydrogenotrophe Methanbakterien ein Teil Kohlenstoffdioxid aus dem Biogasprozess verbraucht und zu Methan umgewandelt. Damit steigt der Methangehalt im Biogas. Falls erforderlich kann dieses Biogas durch eine nachgeschaltete Feinreinigung auf die zur Einspeisung ins Erdgasnetz erforderliche Methankonzentration angehoben werden.

In diesem Projekt ist vorgesehen, auf dem einphasigen Biogassystem aufzubauen, das bei fast allen der 8.000 derzeit im Praxisbetrieb befindlichen landwirtschaftlichen Biogasanlagen genutzt wird. Damit soll auch die Möglichkeit überprüft werden, unter welchen Bedingungen bestehende Fermentersysteme für die Wasserstoff-methanisierung genutzt werden können.

Bei bereits durchgeführten Vorversuchen in einen 400 Liter fassenden Biogas-fermenter wurde der Methangehalt im Biogas durch direkte Wasserstoffzugabe (halbstöchiometrisches Verhältnis) von 52% auf über 75% gesteigert. Der Kohlenstoffdioxidgehalt sank dementsprechend. Im weiteren Verlauf des Projektes werden Laborfermenter aufgebaut und mit Messtechnik und automatischer Datenerfassung ausgestattet. In diesen wird dann die Wasserstoffeintragstechnik angepasst und es werden geeignete Systeme erprobt. Dabei werden auch die Konversionsbedingungen verändert, wobei die Gärtemperatur, die Raumbelastung und Verweilzeit variiert werden. Zum Abschluss des Projektes soll ein temporärer Versuchsbetrieb an der Forschungsbiogasanlage Unterer Lindenhof erfolgen.



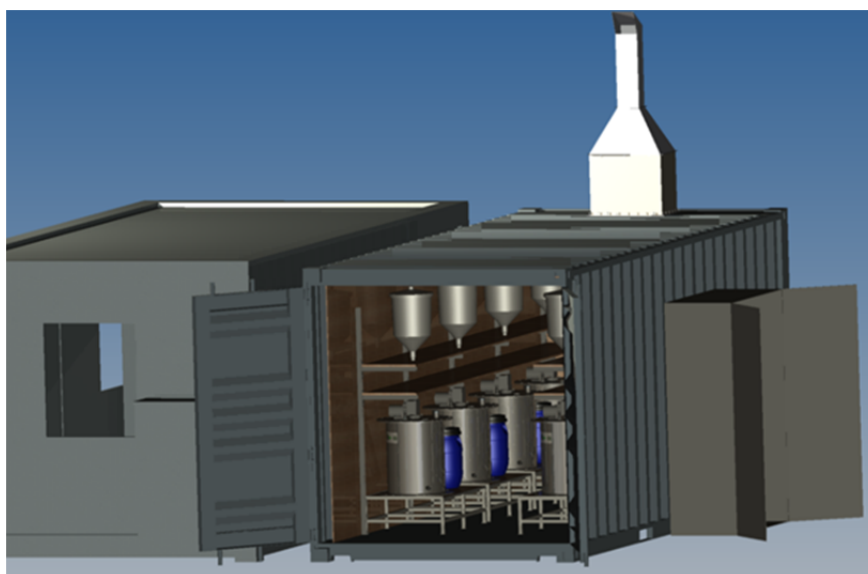
M. Sc. Bernhard Lecker

M. Sc. Colin Kohler

Dipl.-Ing. agr. Christoph  
Serve-Rieckmann

B. Sc. Daniel Riehle

Dr. sc. agr. Hans  
Oechsner



Containerlabor für Wasserstoffeintragsversuche (Lecker, 2015)

Förderung:  
Ministerium für Wissen-  
schaft, Forschung und  
Kunst Baden-  
Württemberg  
„Bioökonomie-Projekte“

Partner:  
DVGW Forschungsstelle  
am Engler-Bunte-Institut  
(DVGW-EBI), KIT

Laufzeit:  
Juni 2014 – Sep. 2017

## Verfahrensentwicklung für den Einsatz der biologischen Methanisierung in der zwei-stufigen Biogaserzeugung; Teilvorhaben 1: Untersuchung Festbettfermenter und vollaufmischer Reaktor (BioHydroMethan)



Dr. sc. agr. Nicola  
Leonard Haag

B. Sc. Daniel Riehle

Dr. sc. agr. Hans  
Oechsner

Der geplante Ausbau von Erneuerbaren Energien in Deutschland erfordert beträchtliche Speicherkapazitäten für elektrische Energie, die in dieser Größenordnung nur von chemischen Energieträgern zur Verfügung gestellt werden kann. Die biologische Methanisierung von Wasserstoff im Biogasfermenter ist dabei eine vielversprechende Alternative zur katalytischen Methanisierung.

Im Rahmen des Projektes soll speziell die zweiphasige Variante mit separater Hydrolyse und der gezielte Wasserstoffeintrag in der Methanisierungsstufe untersucht werden. Besonderer Vorteil dieses Ansatzes ist, dass das im Biogasprozess entstehende Kohlendioxid mit Hilfe von hydrogenotrophen Methanbakterien fast vollständig zu Methan umgesetzt und mit einem im Vergleich zu herkömmlichem Biogas deutlich geringerem Aufbereitungsaufwand in das Erdgasnetz wie Biomethan eingespeist oder als Kraftstoff verwendet werden kann.

Im Rahmen dieses Verbundvorhabens, das aus drei Teilprojekten besteht, sollen verfahrenstechnische Untersuchungen mit verschiedenen Reaktorausführungen, wie Festbett-, vollaufmischer und Membranreaktoren im Labormaßstab durchgeführt werden. Fundamental ist dabei die Entwicklung einer Technik zum möglichst feinblasigen Eintrag von Wasserstoff in die Fermenterflüssigkeit, um damit eine optimale Versorgung der Methanbakterien zu erreichen. Es wird auch der Einfluss von Blasengröße und -zugabe sowie der Gestaltung des Blasenanstiegs auf die Übergabeeffizienz an die Fermenterflüssigkeit sowie die Methanbakterien untersucht. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf der Veränderung der Biozönose in den Methanisierungsreaktoren durch Zugabe von Wasserstoff liegen. Durch Messung der Zusammensetzung und Konzentration von flüchtigen Fettsäuren, der Pufferkapazität, des pH-Wertes, der Konzentration der im Fermentersubstrat gelösten Gase und der Qualität der entstehenden Produktgase werden die Verfahren bewertet, optimiert und weiter entwickelt.

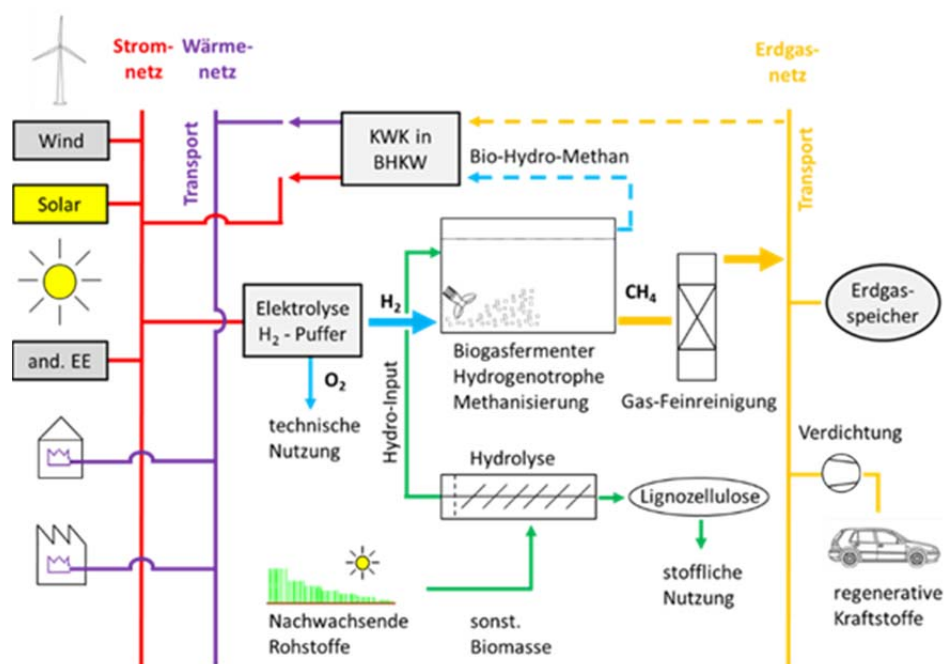
Förderung:  
Bundesministerium für  
Ernährung und Landwirt-  
schaft (BMEL)

Fachagentur Nachhaltige  
Rohstoffe e.V.  
(FNR)

Partner:  
DVGW-Forschungsstelle  
am Engler-Bunte-Institut  
des Karlsruher Instituts  
für Technologie (KIT) -  
Bereich Wasserchemie  
und Wassertechnologie

Leibniz-Institut für Agrar-  
technik Potsdam-Bornim  
e.V. (ATB)

Laufzeit:  
Mai 2015 – Mai 2018



Konzept: Bio-Hydro-Methan-Erzeugung

## Einsatz der biologischen Methanisierung für Power-to-Gas-Konzepte: Fermentative Hochdruckmethanisierung von Wasserstoff

Im Zuge der Energiewende soll das bestehende, zentral ausgerichtete Energiesystem mit einem hohen Anteil an konventioneller Stromerzeugung in ein dezentrales und regeneratives System mit einem hohen Anteil Erneuerbarer Energien überführt werden. Die Integration der von Fluktuation betroffenen Erneuerbaren Energien in den Strommarkt benötigt für den weiteren Ausbau jedoch lastseitige Flexibilität.

Die biologische Hochdruckmethanisierung von Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff zu Methan stellt auf diesem Weg eine sehr vielversprechende Möglichkeit dar und soll daher im Rahmen dieses Projektes untersucht werden. Zu diesem Zweck wird Kohlenstoffdioxid mit Wasserstoff, der per Elektrolyse aus Wind- und Solarenergie hergestellt wird, in einem Druckreaktor mikrobiologisch zu Methan umgesetzt. Dieses „Bio-Erdgas“ kann als Kraftstoff im Bereich der Mobilität genutzt oder in Erdgasnetze eingespeist werden. Die biologische Hochdruckmethanisierung von Wasserstoff zu Methan ist damit ein Lösungsansatz für eine nachhaltige Energieversorgung im ländlichen Raum. Gleichzeitig verknüpft das Verfahren verschiedene Energieerzeugungs- und Transportsysteme miteinander und stellt somit eine effiziente Speicher- und Transportmöglichkeit für Energie dar.

Als neuartiges Konzept werden hierbei Rieselbettreaktoren zur Methanisierung untersucht, welche gegenüber alternativen Verfahren deutliche Vorteile versprechen. So ermöglicht beispielsweise das Festbett einen intensiven Kontakt zwischen Mikroorganismen und Gasen und durch den erhöhten Reaktionsdruck von bis zu 10 bar wird die bisher problematische Gaslöslichkeit verbessert. Als Resultat werden mit diesem Konzept hohe Gas- und Methanerträge erwartet, sodass ein effizientes als auch wirtschaftliches Methanisierungsverfahren für den Praxiseinsatz abgeleitet werden kann.

Dazu wird zunächst eine Laboranlage zur Umsetzung von Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid zu Methan geplant und aufgebaut sowie mit einer Mess-, Steuer- und Regelungstechnik ausgestattet. Anschließend werden Versuchsreihen zum Einfluss der Betriebsparameter, wie Beladungsraten, Verweilzeit, Druck und Temperatur, vorgenommen. Nach erfolgreicher Findung der optimalen Betriebsparameter soll abschließend ein Konzept für eine Großanlage entwickelt werden. Dazu wird der Verfahrensablauf in Aspen abgebildet.



Versuchsanlage zur fermentativen Hochdruckmethanisierung von Wasserstoff mit Kohlenstoffdioxid



M. Sc. Timo Ullrich

Jochen Harder

B.Sc. Lukas Illi

Dr. sc. agr. Andreas  
Lemmer

Förderung:  
Ministerium für Wissen-  
schaft, Forschung und  
Kunst Baden-  
Württemberg

Partner:  
DVGW Forschungs-  
stelle am Engler-Bunte-  
Institut (DVGW-EBI)  
Engler-Bunte-Institut des  
KIT (KIT-EBI)

Laufzeit:  
Juni 2014 – Juni 2017

## Bioelektrochemikalische Produktion von hochreinem Biogas aus Abfallstoffen (BioElektroGas)



M. Sc. Padma Priya Ravi

Jochen Harder

B.Sc. Lukas Illi

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

Ziel des Forschungsverbundprojektes ist die Umwandlung von biogenen Abfallstoffen zu hochkalorischem Biogas in kompakten und sehr effizienten Systemen. Basis des neuartigen Verfahrens ist die Kombination fermentativer Verfahren zum Aufschluss von fester Biomasse mit bioelektrischen Systemen zur Methanerzeugung, sog. mikrobiellen Brennstoffzellen. Durch diese Verfahrenskombination können flexibel verschiedene Substrate, wie Supermarktabfälle oder Speisereste verwertet werden. Diese organischen Reststoffe werden zunächst fermentativ bei niedrigen pH-Werten aufgeschlossen („dark fermentation“) und zu organischen Säuren umgewandelt, die wiederum dem bioelektrochemischen Reaktor zugeführt werden.

Durch den Forschungsverbund sind zunächst geeignete Anoden- und Kathodenmaterialien für die mikrobielle Brennstoffzelle zu entwickeln und erproben. Ebenso ist die Elektrodenstruktur an die bio-chemischen Konversionsprozesse anzupassen. Weitere Untersuchungen dienen der gezielten Beeinflussung der Mikroorganismen an den Elektroden. Schließlich ist das fermentativ-bioelektrochemische Gesamtverfahren unter technischen Aspekten im Labormaßstab zu optimieren.

Die Arbeitsziele der Landesanstalt umfassen zunächst Untersuchungen zum fermentativen Aufschluss der Biomasse zu organischen Säuren. Dabei sollen hohe Konzentrationen an Acetat im gewonnenen Perkolat erreicht werden, um eine schnelle Konversion in den nachfolgenden Prozessen zu gewährleisten. Anschließend ist eine Abbildung, Erprobung und Optimierung des Gesamtverfahrens im Labormaßstab durchzuführen.

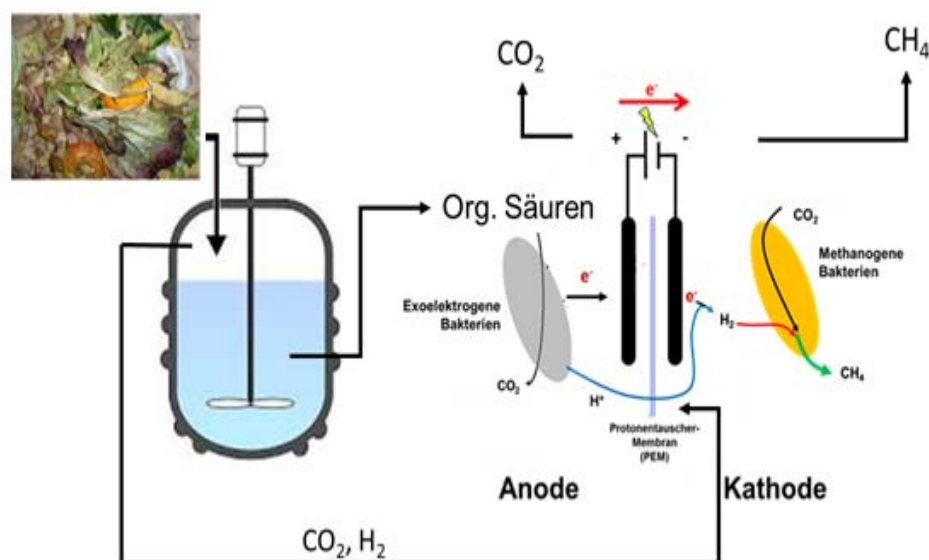
Förderung:  
Projektträger Karlsruhe –  
Baden Württemberg  
Programme

Partner:  
Karlsruher Institut für  
Technologie (KIT)  
Institut für Angewandte  
Biowissenschaften (IAB)

Albert - Ludwigs - Uni-  
versität Freiburg  
Institut für Mikrosystem-  
technik (IMTEK)

Universität Stuttgart  
Institut für Siedlungs-  
wasserbau, Wassergüte-  
und Abfallwirtschaft  
(ISWA)

Laufzeit:  
Sep. 2015 – Aug. 2018



Schema des Projektes



## Entwicklung von Sensortechnik und Grundlagen einer flexiblen lastabhängigen Steuerung der Intermediatbildung in zweiphasigen Biogasprozessen unter Berücksichtigung einer vollständigen Substratausnutzung (Elast<sup>2P</sup>)

Der Ausbau der erneuerbaren Energien führt zu witterungsbedingten Schwankungen im Stromnetz. Nur durch die Bereitstellung von Regelenergie können zukünftig Bedarf und Produktion elektrischer Energie aufeinander abgestimmt werden. Für eine flexible Stromproduktion und für die Verwertung von Reststoffen sind zweiphasige Biogasanlagen besonders geeignet. Jedoch kann bisher das volle Potenzial dieser Technologie nicht ausgenutzt werden.

In dem Forschungsverbundprojekt „ELAST2P“ werden an der Universität Hohenheim zwei Schwerpunkte bearbeitet:

- die sensorgestützte, lastabhängige Methanproduktion im Methanreaktor und
- die Steigerung der Gesamteffizienz des Verfahrens durch die mechanisch-biologische Aufbereitung des Gärrestes und dessen Rückführung in den Prozess.

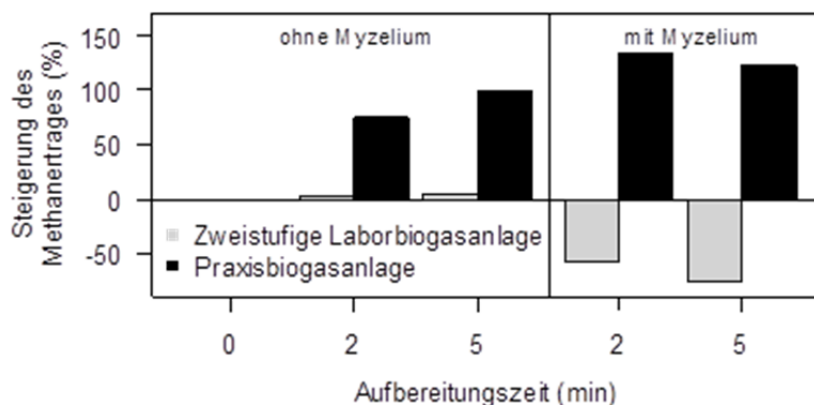
Die Versuche werden an den kontinuierlichen zweiphasigen Anlagen, die im Rahmen des FABES Projektes entwickelt wurden, durchgeführt. Die Arbeiten gliedern sich in vier Arbeitspakete:

**AP1:** Die während der primären Gärung gebildeten organischen Säuren, Alkohole und gelösten Zuckerverbindungen sollen von den unabgebauten Faserstoffen abgetrennt werden. Dazu werden die Einflüsse verschiedener Porengrößen der Filter und Substrate auf die Abtrennung getestet.

**AP2:** Für einen verbesserten Aufschluss der nicht abgebauten Faserstoffe soll der Einfluss einer mechanisch-enzymatischen Aufbereitung auf die Abbaubarkeit untersucht werden. Diese Faserstoffe werden mechanisch mit einer Kugelmühle und anschließend mit aeroben Pilzen behandelt.

**AP3:** Für den lastabhängigen Betrieb des Methanreaktors ist eine Online-Messung zur Bestimmung der Konzentration und Zusammensetzung der Intermediate erforderlich. Dazu sollen ein NIRS-Sensor und ein Sensor auf Basis eines akustischen Wellenleiters getestet werden.

**AP4:** Für eine lastabhängige Methanproduktion muss die Beschickung des Systems mit mathematischen Modellen gekoppelt werden. Diese werden von dem Projektpartner G-CSC entwickelt und anschließend in dem zweiphasigen Laborsystem getestet.



*Einfluss einer kombinierten mechanisch/ enzymatischen Aufbereitung (mechanisch: Aufbereitungszeiten 0, 2, 5 min; enzymatische Aufbereitung: aerober Shitakepilz mit Inkubationsdauer von 29 Tagen) von Gärresten (Substrat Heu/Stroh Gemisch und Maissilage) aus dem zweistufigen System und aus der Forschungsbiogasanlage „Unterer Lindenhof“ auf die Steigerung des Methanertrages.*



M.Sc. Jonas Lindner

Jochen Harder

B.Sc. Lukas Illi

Dr. sc. agr. Simon Zielonka

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

### Förderung:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation (BioProFi)

### Partner:

Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)

Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main: Goethe-Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (G-CSC)

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising (LfL)

### Laufzeit:

01.12.2012 - 31.03.2016

## Methanoquant - Quantifizierung der Wege der Methanbildung in zweiphasigen Biogasanlagen



M.Sc. Johannes Krümpel

B.Sc. Lukas Illi

Jochen Harder

Dr. sc. agr. Andreas  
LemmerDr. sc. agr. Simon  
Zielonka

Zweiphasige Verfahrenskonzepte zur Biogaserzeugung gewinnen aufgrund ihrer hohen Prozessstabilität, der Substratflexibilität sowie der hohen Methangehalte der erzeugten Gase in der Forschung immer größere Bedeutung. Ziel des Gesamtprojektes ist es, die Verfahren der zweiphasigen Biogaserzeugung über mathematische Modelle exakt beschreiben zu können, damit eine rasche und zielgerichtete Weiterentwicklung der Verfahren ermöglicht wird. Dazu werden an der Landesanstalt entsprechende verfahrenstechnische Grundlagenuntersuchungen durchgeführt. Dabei sollen die Bestandteile der Prozessflüssigkeit, die für die Methanbildung im Anaerob-Filter verantwortlich sind, identifiziert werden. Des Weiteren soll die Gasbildungskinetik für diese Substanzen beschrieben werden, sowie der Einfluss unterschiedlicher Reaktorsysteme auf die Gasbildungskinetik. Aus den gewonnenen Daten werden die mathematischen Modelle der acetoklastischen Methanogenese verifiziert und angepasst um Grundlagen für die weitere Optimierung von zweiphasigen Biogasanlagen zu schaffen.

Für die Untersuchungen am Anaerob-Filter werden drei baugleiche Reaktoren kontinuierlich betrieben. Die Datenaufnahme erfolgt online, in hoher zeitlicher Dichte und in genauer Auflösung um ein exaktes Bild des Prozesses abbilden zu können. Die Prozessflüssigkeiten werden mit Hilfe der GC und HPLC auf Einzelbestandteile untersucht. Der gesamte organische Kohlenstoffgehalt wird mit Hilfe der Differenzmethode aus totalem Kohlenstoff (TC) und anorganischem Kohlenstoff (IC) bestimmt, um Kohlenstoffbilanzen erstellen zu können. Die Versuchsanlagen sind flexibel konzipiert, sodass unterschiedliche Reaktor-Typen getestet werden können. Im Jahr 2015 wurde insbesondere die Gasbildungskinetik der häufigsten Intermediate im Anaerob Filter ermittelt.

### Partner:

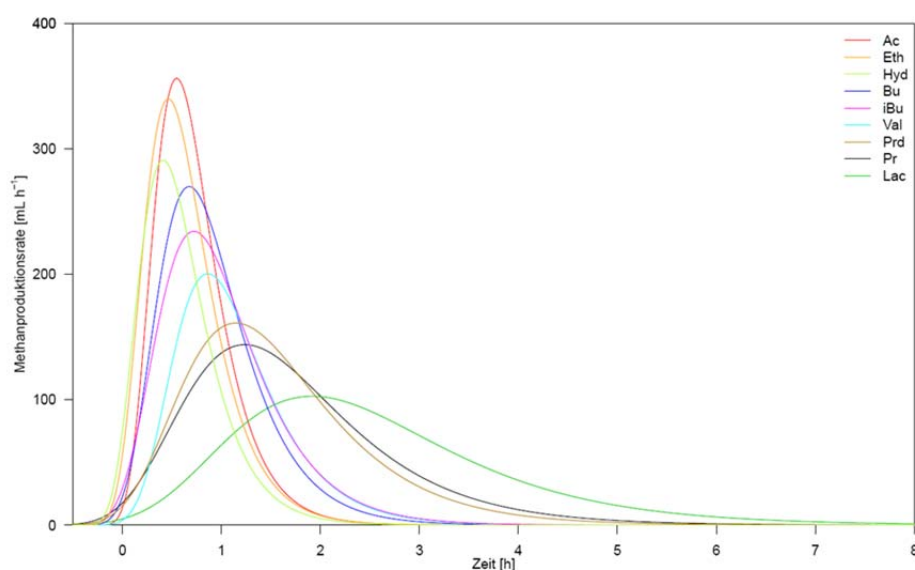
Brandenburgische  
Technische Universität  
Cottbus (BTU)

Johann Wolfgang Goe-  
the-Universität Frankfurt  
am Main (G-CSC)

Steinbeis Forschungs-  
zentrum (SFZ)

### Laufzeit:

01.11.2012 - 31.08.2016



Methanbildungsraten im Anaerob Filter unterschiedlicher Intermediate (Zugabe von 1 g CSB). Ac: Essigsäure, Eth: Ethanol, Hyd: Hydrolysat, Bu: Buttersäure, iBu: Iso-Buttersäure, Val: Valeriansäure, Prd: 1,2Propandiol, Pr: Propionsäure, Lac: Milchsäure

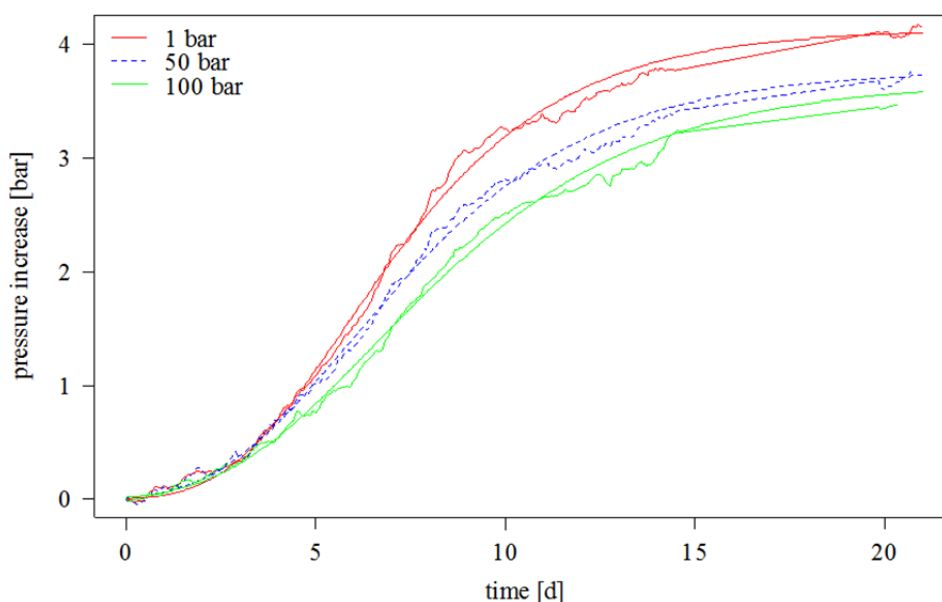
## Autogenerative Two-Phase High Pressure Fermentation: Verfahrenstechnische Grundlagenuntersuchungen zur zweiphasigen Hochdruckfermentation - AG-HiPreFer

Ziel des geplanten Vorhabens ist es, mithilfe des neuartigen "AG-HiPreFer Verfahrens" die Bereitstellung von Biogas besser an die Anforderungen der Einspeisung in Hochdruckleitungen anzupassen und durch die Vermeidung der Verdichtung bis zu 30% des Energieaufwandes für die Gasaufbereitung einzusparen.

Basis des Anlagenkonzeptes ist die zweiphasige Druckfermentation, bei der die Biomasse zunächst in einem Hydrolyse-Fermenter in gelöste organische Verbindungen überführt und diese anschließend in einem Hochdruck-Methanreaktor bei bis zu 100 bar zu Biogas umgesetzt werden. Die Druckerhöhung erfolgt dabei ausschließlich durch die Biogasproduktion der Mikroorganismen. Durch die unterschiedlichen Löslichkeiten von  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  in der Prozessflüssigkeit wird der Methangehalt im Gas auf über 92% angehoben. So steht das Gas bei notwendiger Reinheit und ausreichendem Druck für die Einspeisung in Ferngasleitungen zur Verfügung.

Ergänzend dazu sollen Untersuchungen für eine, in das Verfahren integrierte, anaerobe Microbial Fuel Cell (aMFC) durchgeführt werden, mit der die Gesamteffizienz des Verfahrens weiter gesteigert werden soll.

Im Rahmen des Projekts sollen geeignete Mess- und Regelungskonzepte zur Prozessüberwachung (z.B. pH-Wert-Messung) bei Betriebsdrücken von bis zu 100 bar und ein geeignetes Konzept auf Basis von Membranverfahren zur Abtrennung der während des Aufschlusses der Biomasse gebildeten Säuren entwickelt werden. In diesem Zusammenhang sollen sämtliche gasseitige Fragestellungen wie die Löslichkeit von Biogasbestandteilen in der Flüssigphase des Hochdruckmethanreaktors und Aufkommen und Verteilung von Spurengasen, insbesondere von  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ , und  $\text{H}_2$  in den Prozessstufen, sowie der Druckeinfluss auf die mikrobiologischen Vorgänge im Reaktor geklärt werden. Darüber hinaus sollen die Grundlagen für eine aMFC untersucht werden, die die Redoxpotenzial- und Wasserstoffionendifferenz zwischen dem Fermenter der Säuregewinnung und dem Druckmethanreaktor zur direkten Stromgewinnung über Carbon-, Edelstahl- oder Eisencyanidelektroden nutzt. Abschließend erfolgen eine systemanalytische Betrachtung und eine ökonomische Evaluierung des Verfahrens.



Einfluss unterschiedlicher Anfangsdrücke (1, 50, 100 bar) auf den Druckanstieg im Batch-Verfahren



M.Sc. Wolfgang Merkle

M.Sc. Jonas Lindner

Jochen Harder

B.Sc. Lukas Illi

Dr. sc. agr. Simon Zielonka

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

### Förderung:

"BioProFi - Bioenergie - Prozessorientierte Forschung und Innovation"

### Partner:

DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

Johannes Gutenberg Universität Mainz, Institut für Mikrobiologie und Weinforschung (IMW)

Assoziierter Partner: Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann, Département Environnement et Agrobiotechnologies (CRP), Luxemburg

### Laufzeit:

01.07.2013 – 31.12.2016

## Zweiphasige Vergärung von Zuckerrüben zur Biomethanherzeugung – Verfahrenstechnische Optimierung der Konservierung und der Konversion zur Steigerung der Energieausbeute (ZRCH4)



M. Sc. Elzbieta  
Kumanowska

Jochen Harder

B.Sc. Lukas Illi

Dr. sc. agr. Simon  
Zielonka

Dr. sc. agr. Andreas  
Lemmer

Dr. sc. agr. Hans  
Oechsner

Das übergeordnete Ziel des Projektes ist es, den Biogasanlagenbetreibern ein ökologisch, energetisch und wirtschaftlich überlegenes Verfahren anbieten zu können, das durch die Produktion eines hoch kalorischen Biogases den Fokus auf die Verwertung des Gases als Kraftstoff oder als Bioerdgas legt. Damit sollen Alternativen zur bisherigen Verwertungsvariante Stromproduktion geschaffen werden.

Um diese Zielsetzung zu erreichen wird ein bilateraler Ansatz verfolgt. Durch die Verwendung des bisher nur wenig verwendeten Substrates Zuckerrübe soll die Ökologie des Prozesses verbessert und der optimale Einsatz neuer Verfahrenstechnik ermöglicht werden.

Als erster Schritt soll dazu eine neuartige, verlustarme und kostengünstige Silotechnik zur Konservierung der Rüben entwickelt werden. Die erreichten Ergebnisse aus den Lagerungsversuchen und Laborversuchen werden mit den Werten konventioneller Lagerungsverfahren verglichen. Auf diese Weise kann der Einfluss der Konservierungsart auf die Energieausbeute festgestellt werden.

Als zweites sollen die so silierten Rüben auf ihre Eignung zur Vergärung in zweiphasigen Laborsystemen untersucht und die entscheidenden Parameter optimiert werden. Diese neuen biologischen Konversionsverfahren ermöglichen eine Fraktionierung des Biogases bereits während der Erzeugung, so dass es einen stark erhöhten Methananteil aufweist. Dadurch können die Kosten zur Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität deutlich gesenkt und auch die Verwertung des Gases als Kraftstoff ermöglicht werden. Die Biomethanherzeugung könnte eventuell eine Alternative zur Stromerzeugung mittels BHKW sein. So können die Probleme mit der Wärmeverwertung bei der Konversion von Biogas in BHKW umgangen werden.

Die in konventionellen Biogasanlagen eher als problematisch anzunehmenden Zuckerrüben stellen zudem ein nahezu ideales Substrat für die zweiphasige Vergärung dar. Durch ihren hohen Gehalt an Zucker und den niedrigen Gehalt an schwer vergärbaren Stoffen, wie z.B. Lignin, ist die Rübe sehr gut für die Versäuerung geeignet.

Förderung:  
Bundesministerium für  
Ernährung und Landwirtschaft

Fachagentur nachwachsende Rohstoffe (FNR)

Partner:  
Novatech GmbH  
Versuchsstation Agrarwissenschaften, Standort  
Lindehöfe  
Standort Ihinger Hof

Laufzeit:  
01.09.2014 – 31.08.2017



Zuckerrübenschnitzzellagerungsversuch in flexiblen Tanks am Ihinger Hof



## Flexibilisierte Fütterung in Biogasprozessen mit Modell-basierter Prozesserkennung im Praxismaßstab – FlexFeed

Aufgrund von geringer werdender Flächen- und Rohstoffverfügbarkeit sowie den aktuellen politischen Rahmenbedingungen nutzen Biogaserzeuger verstärkt Maßnahmen, die zur Effizienzsteigerung des Verfahrens beitragen oder suchen alternative Einkommensquellen, wie z.B. die Möglichkeit der Flexibilisierung der Biogasnutzung. Biogasanlagen bieten das Potenzial, die Versorgungssicherheit und Stabilität bei steigender Dynamik im Stromnetz zu unterstützen. Solange Gasaufbereitungsverfahren sich für viele Bestandsanlagen nicht lohnen, wird versucht, die Stromerzeugung vor allem durch die Erweiterung der Gasspeicher sowie auf Seiten der Blockheizkraftwerke (BHKWs) zu flexibilisieren.

Mit Hilfe der speicherbaren Biomasse besteht allerdings die Möglichkeit, die Fermenter flexibel und regelbar über das Fütterungsmanagement zu betreiben. Jedoch sind die Auswirkungen eines stark variierenden Fütterungsmanagements auf die biologischen, rheologischen und verfahrenstechnischen Parameter bislang unbekannt. Es ist davon auszugehen, dass durch flexible Prozessführung bislang unbekannte Zustände auftreten können, welche den störungsfreien Anlagenbetrieb erheblich gefährden. Daher ist die Entwicklung einer innovativen Prozessüberwachung und Probenahme-strategie zwingend notwendig.

Im Projekt wird die Evaluierung und Optimierung einer Strategie zum Fütterungsmanagement an Biogasanlagen angestrebt, die innovative Sensorik in der Flüssigphase, Modell-basierte Überwachung und auf neuronalen Netzen beruhende Prognosen als methodische Ansätze vereint. Das Projekt gliedert sich in drei Arbeitspakete:

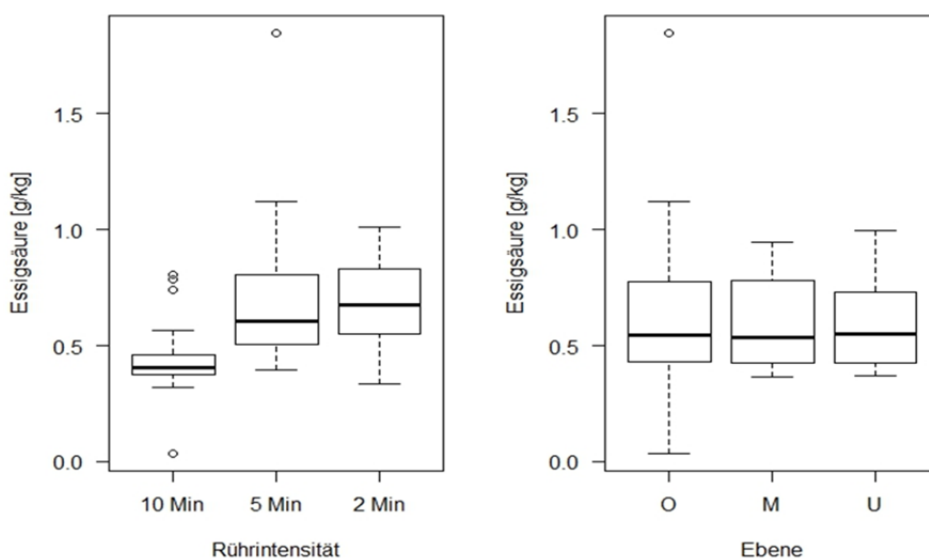
- Arbeitspaket 1: Identifikation der kritischen Zonen im Biogasfermenter
- Arbeitspaket 2: Installation und Validierung des akustischen Wellenleiters und der Nahinfrarotspektroskopie
- Arbeitspaket 3: Überprüfung der entwickelten Modelle im Großmaßstab



M. Sc. Philipp Kress

Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele

Dr. sc. agr. Hans Oechsner



Verteilung der Essigsäurekonzentration im Fermenter in Abhängigkeit der Rührintensität und der Ebene (Ruile 2015)

Förderung:  
Bundesministerium für  
Wirtschaft

Fachagentur nachwach-  
sende Rohstoffe (FNR)

Partner:  
TU-Berlin  
SOTA Solutions (Berlin)

Laufzeit:  
01.08.2014 – 31.07.2016

## Untersuchungen an der Forschungsbiogasanlage „Unterer Lindenhof“ zum Lastwechselbetrieb für das Projekt Bioenergieflex



Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Aufgabe in diesem Projekt war die Durchführung von Versuchen zur flexiblen Biogasproduktion durch variable Substratdosierung im Tagesgang an einer Praxis Biogasanlage. Im Unterschied zu bisherigen Untersuchungen wurde der Fokus hierbei von Substratmischungen weg hin zu Einzelsubstraten gelegt. Getestet wurden insgesamt drei einzelne Substrate jeweils in Kombination mit Flüssig- und Festmist. Die tägliche Zugabemenge betrug im Versuchszeitraum ca. 4 m<sup>3</sup> Flüssigmist, 0,8 t Festmist, 4,5 t Einzelsubstrat. Zur Einhaltung des EEG Güllebonus sowie zu Stabilisierung der Prozessbiologie wurde Festmist und Gülle mit gefüttert. Im Rahmen der Untersuchungen wurden folgende Substrate getestet:

- Grassilage & Maissilage in Kombination
- Grassilage
- Maissilage
- Getreide

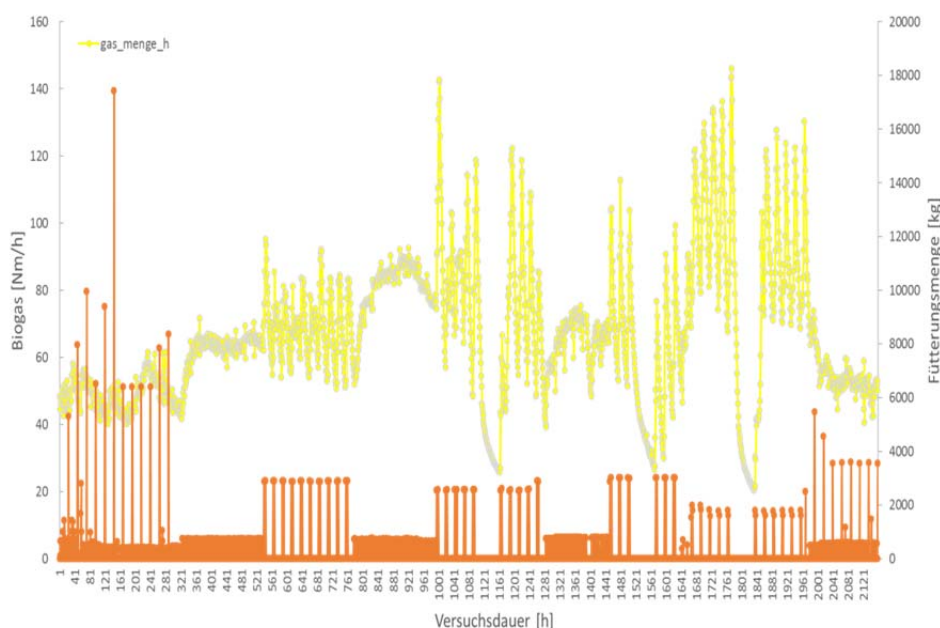
Die Versuchsdauer betrug je Einzelsubstrat zehn bis zwölf Tage und umfasste eine Umstellungsphase von drei bis fünf Tagen sowie im Anschluss daran die Messphase mit ca. sieben Messtagen. Zwischen den Versuchsphasen wurde jeweils ca. 14 Tage kontinuierlich gefüttert und das Inputsubstrat schrittweise umgestellt.

Dem Projektpartner wurde im Anschluss an die Messphase die Gasqualität, die produzierte Biogasmenge sowie die zugeführten Substratmengen mit den TS- und oTS- Analysen der Inputsubstrate aufbereitet und übermittelt. Die Lieferung der Daten erfolgte in Excel-Tabellen mit ersten grafischen Auswertungen zur Ablaufkontrolle. Die Versuchsabschnitte wurden stichwortartig beschrieben. Eine gemeinsame Veröffentlichung der Forschungsergebnisse mit dem Projektpartner steht noch aus.

Förderung:  
Dienstleistungsauftrag für: Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA)

Partner:  
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft (ISWA)

Laufzeit:  
2 Monate



Gasvolumenstrom, Gasqualität im Untersuchungszeitraum

## Studie zur Effizienzmessung eines neuartigen und innovativen Rührwerks für Substrate in Biogasanlagen und des dessen Strömungsverhalten

In diesem Forschungsprojekt soll ein äußerst innovatives, bionisches Rührwerk der Fa. WUSOA für zwei Verweilzeiten (circa 180 Tage) in einem der beiden Biogasfermenter an der Forschungsbiogasanlage Unterer Lindenhof am Standort Lindenhöfe der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim eingebaut und insbesondere auf die folgenden Faktoren getestet werden:

- Primärenergieverbrauch (kontinuierlich)
- Menge und Qualität des erzeugten Biogases (kontinuierlich)
- Nährstoffverteilung in den Fermentern (12 Messpunkte, 3 Höhen – alle 2 Monate)
- Prozessbiologische Aktivität des Gärsubstrates im Fermenter (vierzehntägig)
- Viskosität des Fermenterinhaltendes mit Hilfe eines Rohrviskosimeters (alle zwei Monate)
- Untersuchung des Strömungsbildes (zusammen mit Fraunhofer IKTS in Dresden)
- Vergleich des Neuen mit Messdaten der bestehenden Rührwerke an der Anlage

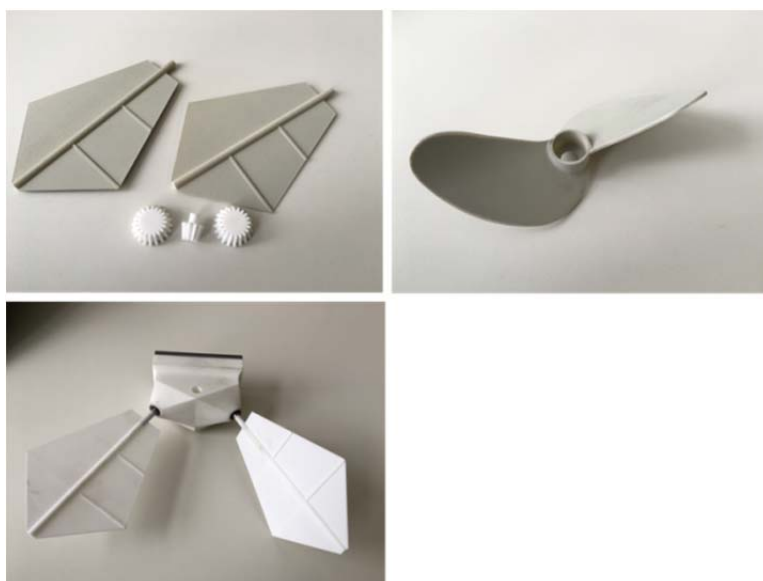
Die an der Forschungsbiogasanlage verwendete Rührwerksausstattung soll in einem ersten Versuchszeitraum getestet werden. Im Anschluss wird das neue Rührwerk verbaut und unter vergleichbaren Bedingungen untersucht. Es soll die Rührleistung und Effizienz des neuen Rührwerkes mit der bestehenden Ausstattung verglichen werden.

Das Projekt wurde im März 2015 gestartet und es wurde mit der Datenaufnahme (Messung der Nährstoffverteilung, Gasqualität und Gasmenge, Primärenergieverbrauch, Viskosität des Fermentersubstrates sowie Messung der Prozessbiologie) für die bestehenden konventionellen Rührwerke begonnen. Im Anschluss daran sollte im August 2015 der Einbau des neuen, bionischen Rührwerkes erfolgen und im Anschluss dieselben Messdaten erhoben und ein Vergleich der Rührwerke durchgeführt werden. Beim Bau des Rührwerkes durch die Firma WUSOA mussten die speziellen Bedingungen des vorhandenen Fermenters berücksichtigt werden, was zu zeitlichen Verzögerungen führte. Der Einbau und die geplanten Untersuchungen im zweiten Projektteil werden nach Fertigstellung des angepassten Rührwerkes voraussichtlich im April/Mai 2016 folgen.



Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele

Dr. sc. agr. Hans Oechsner



Bauteile des bionischen Rührwerkes, sowie eines konventionellen Rührwerkes aus gesintertem Polyamid im Modellmaßstab für die Laborversuche zur Messung des Strömungsbildes

Förderung:  
Landes Baden-Württemberg im Rahmen der Baden-Württemberg Programme

Laufzeit:  
Beantragt März 2015 –  
Realisierung in 2015 –  
Verlängert bis Juli 2016

## Vergleichende Untersuchung zur chemischen Entschwefelung im Biogasprozess – Versuchsteil III



Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele



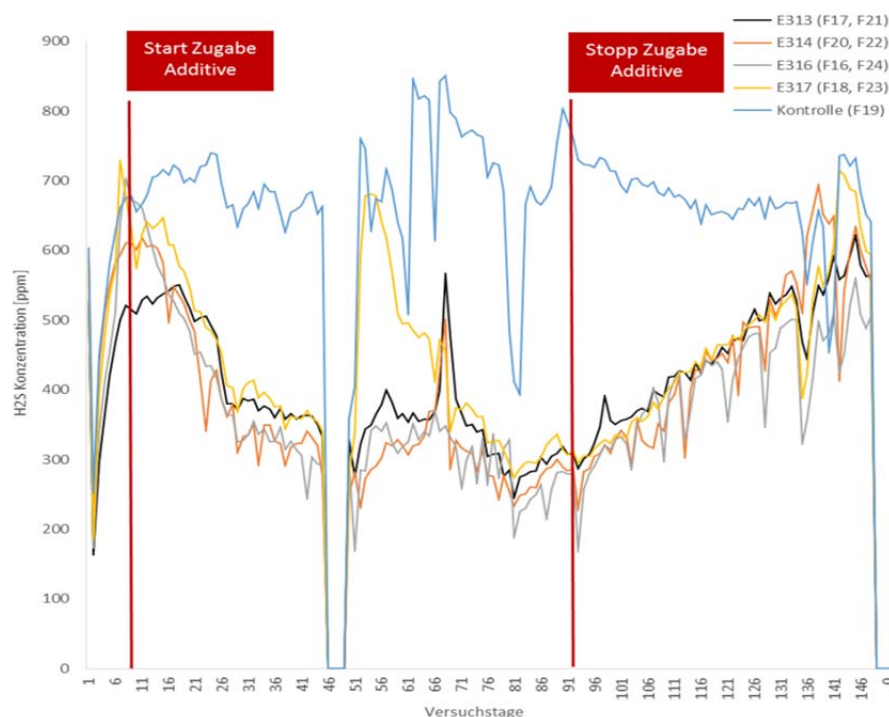
B.Sc. Jörg Steinbrenner

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Aufbauend auf den Versuchen aus dem Jahr 2013 und 2014 wurde erneut ein Versuch unter Laborbedingungen in der 30 Liter Durchflussanlage durch die LANXESS Deutschland GmbH beauftragt. Ziel dieser Untersuchung ist ein Vergleich von Eisensalzen aus verschiedenen Produktionsstätten und Herkunftsländern der LANXESS Deutschland GmbH auf die Entschwefelungsleistung im Biogasprozess. Als Ausgangssubstrat dient Fermentersubstrat der Forschungsbiogasanlage Unterer Lindenhof. Die Inputsubstrate, welche im Querstromzerspaner für eine Zeitdauer von 15 Sekunden zerkleinert wurden, bestehen aus folgender Mischung die einmal am Tag zugegeben wird:

- |                         |             |
|-------------------------|-------------|
| 1. Festmist (Rind/Huhn) | ~20%-Anteil |
| 2. Grassilage           | ~30%-Anteil |
| 3. Maissilage           | ~20%-Anteil |
| 4. Rohgülle             | ~30%-Anteil |

Die angestrebte Raumbelastung während der Versuche betrug  $3 \text{ kg}_{\text{TS}}/\text{m}^3 \text{ d}$  bei einer Prozesstemperatur von  $40^\circ\text{C}$  und einer hydraulischen Verweilzeit von 38 Tagen. Die zu untersuchenden Präparate (Eisensalze) wurden von LANXESS zur Verfügung gestellt. Das Labor der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie bestimmt fortlaufend die TS-, oTS Gehalte und Fettsäuregehalte der Ausgangsproben sowie im Fermentersubstrat. Zur Berechnung der Additivmengen erhielt LANXESS nach der Einfahrphase die Ergebnisse des  $\text{H}_2\text{S}$ -Gehaltes im Biogas zur Bestimmung der erforderlichen Aufwandmengen für eine optimale Entschwefelung. Durch den Zusatz der Salze konnte der Schwefelwasserstoffgehalt erfolgreich gesenkt werden. Die Wirkung der Eisensalze hält auch eine gewisse Zeit nach Absetzung der Zugabe an.



Schwefelwasserstoffkonzentration der Varianten im Versuchszeitraum

Förderung:  
LANXESS Deutschland GmbH

Partner:  
LANXESS Deutschland GmbH

Laufzeit:  
Aug. 2015 – April 2016



## Erfassung der Emissionspotenziale aus Biogasgärrest über die Bestimmung des Restmethanpotenzials an 25 Biogasanlagen

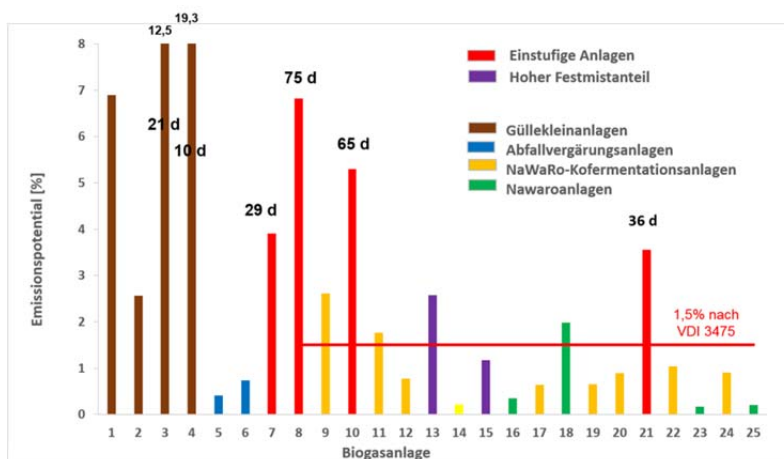
Eine hohe Ausnutzung der in den Einsatzstoffen enthaltenen Energie ist wichtig, um Biogasanlagen wirtschaftlich und umweltfreundlich zu betreiben. In der heutigen Praxis unterscheiden sich Biogasanlagen stark in ihrem Aufbau, den verwendeten Einsatzstoffen und dem Gärverfahren, der hydraulischen Verweilzeit und der Raumbelastung. Daraus resultiert eine unterschiedliche Anlageneffizienz, das teils kostenintensive Inputsubstrat wird nicht immer vollständig ausgenutzt. Alle genannten Faktoren haben Einfluss auf das Restmethanpotenzial der Biogasanlagen. Bei erhöhtem Restgaspotenzial besteht die Gefahr, dass Methan bei der Lagerung in nicht abgedeckten Behältern unkontrolliert in die Umwelt emittiert und aufgrund der hohen CO<sub>2</sub>-Äquivalenz negative Einflüsse auf das Klima hat. Um dies zu verhindern wurde im EEG von 2012 festgelegt, dass neu errichtete Biogasanlagen eine Mindestverweilzeit von 150 Tagen im gasdichten Bereich vorweisen müssen. Für bestehende Anlagen legt die VDI-Richtlinie 3475 fest, dass das Emissionspotenzial von Biogasanlagen mit Einsatz von Nachwachsenden Rohstoffen unter 1,5% der täglich produzierten Biogasmenge liegen muss. Güllekleinanlagen und Bioabfallvergärungsanlagen unterliegen dieser Regelung nicht, da sie in der Regel zu einer Reduzierung unkontrollierter Methanemissionen führen.

In diesem Projekt wurden 25 Biogasanlagen in Baden-Württemberg mit unterschiedlichen Konzepten und Einsatzstoffgruppen (vier Gülle-Kleinanlagen, drei Abfallvergärungsanlagen, zwölf NaWaRo-Kofermentationsanlagen, sechs reine NaWaRo-Anlagen) in einer Winter- und einer Sommermessung auf ihr Restgaspotenzial (37°C Vergärungstemperatur) und ihr Emissionspotenzial (20°C Vergärungstemperatur) untersucht. Bei den meisten Biogasanlagen liegt eine lange hydraulische Verweilzeit von mehr als 150 Tagen, teilweise sogar bis 250 Tagen im gasdichten System vor. Es gibt aber auch Beispiele mit sehr kurzen Verweilzeiten und entsprechend ungünstigen Ergebnissen. Bei mehreren Fermentern je Anlage wurden auch die Restgaspotenziale der Kaskadenstufen betrachtet. Die Ergebnisse zeigen deutliche Zusammenhänge der Abbaueffizienz und des Restgaspotenzials zu hydraulischer Verweilzeit, Wahl der Einsatzstoffe, deren Aufbereitung und Raumbelastung im System. In der Regel werden die rechtlichen Anforderungen ab einer hydraulischen Verweilzeit von 100 Tagen erfüllt. Die gasdichte Abdeckung von Gärrestlagerbehältern spielt eine wichtige Rolle, das Restgaspotenzial einer Biogasanlage zu minimieren.



B. Sc. Stephan Ruile

B. Sc. Sabine Schmitz

Dr. sc. agr. Matthias  
Mönch-TegederDr. sc. agr. Hans  
Oechsner

Emissionspotenziale nach Anlagenkategorie der untersuchten Biogasanlagen in Prozent (%) der täglich erzeugten Biogasmenge bei einer Gärversuchstemperatur von 20°C

Förderung:  
Ministerium für Umwelt,  
Klima und Energiewirt-  
schaft Baden-  
Württemberg

Laufzeit:  
Nov. 2013 – Dez. 2015

## GOBi „Ganzheitliche Optimierung der Biogasprozesskette“ zur Steigerung der betrieblichen, stofflichen, energetischen und ökologischen Effizienz unter besonderer Berücksichtigung der Produktion eines natürlichen kundenspezifischen Düngemittels.



Dr. sc. agr. Nicola  
Leonard Haag

Dr. sc. agr. Hans-  
Joachim Nägele

CTA Christine Baur

Dr. sc. agr. Hans  
Oechsner

Förderung:  
Bundesministerium für  
Bildung und Forschung  
(BMBF)

Partner:  
Fraunhofer IGB  
IS-Forschung GmbH  
Pinneberg

Geltz-Umwelttechnologie  
GmbH

Uni Hohenheim, Institut  
für Agrartechnik, FG  
Tropen und Subtropen  
Uni Hohenheim, Institut  
für Kulturpflanzen-  
wissenschaften, FG  
NawaRo u. Bioenergie-  
pflanzen

Agentur für nachhaltige  
Nutzung von Agrarland-  
schaften (ANNA)

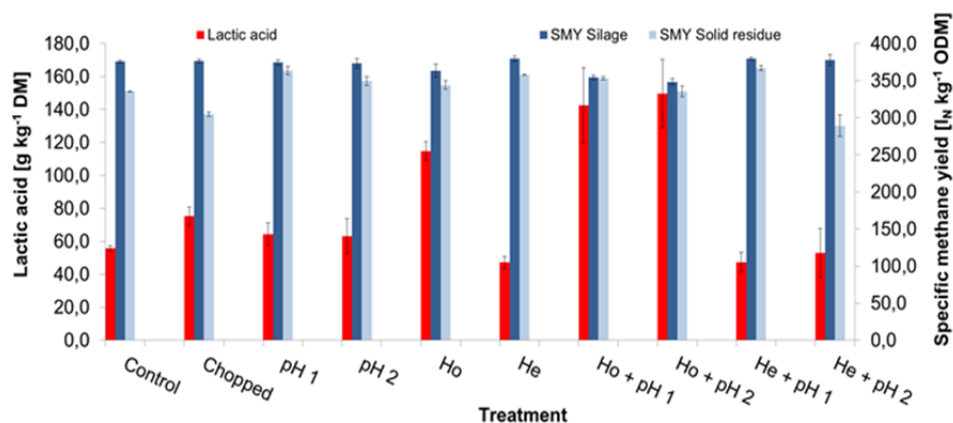
Genedata Bioinformatik  
GmbH (GDM)

Laufzeit:  
Juni 2013 – Dez. 2016

Die zunehmende Verknappung fossiler Ressourcen und der anthropogen bedingte Klimawandel erfordern die Umstellung des Energiesystems auf erneuerbare Energieträger. Dies stellt eine zentrale Herausforderung für Wissenschaft, Politik und Gesellschaft dar, welche über die nächsten Dekaden hinweg große Anstrengungen aller Akteure erfordert. Ziel dieses Forschungsprojektes ist es, einen bioökonomischen Ansatz zu verfolgen und dabei die Effizienz und Nachhaltigkeit der biochemischen Konversion von Biomasse zu steigern, indem nicht allein die energetische Ausbeute im Vordergrund steht, sondern der Gesamtnutzen des Prozesses, welcher zusätzlich durch die Erzeugung wertvoller Nebenprodukte sowie der Verringerung negativer Umweltwirkungen, darunter vor allem Treibhausgas-Emissionen, generiert wird. Hierzu setzt sich die transdisziplinäre Arbeitsgruppe verschiedene, ineinandergreifende Teilziele.

Die Landesanstalt befasst sich mit der Frage der Erzeugung und Gewinnung von Plattformchemikalien (z.B. Milchsäure) aus Biomasse. Durch die Nutzung spezieller Mikroorganismenkulturen und deren optimaler Versorgung mit Spurennährstoffen sowie durch den Einsatz von Puffersubstanzen soll die Bildung von Plattformchemikalien, während des Silierprozesses, besonders angeregt werden. Es wird untersucht, unter welchen Bedingungen Carbonsäuren (v.a. Milchsäure) in unterschiedliche Ausgangssubstraten (Mais, Amaranth, Gras, Roggen), in höchsten Konzentrationen erzeugt werden können. Des Weiteren wird eine Technik entwickelt, diese Wertbestandteile kostengünstig und effizient zu separieren (Fest-Flüssig-Separierung mittels Tinkturenpresse), um sie in weiterführenden Schritten zu extrahieren und zu stabilisieren.

Anschließend ist die Entwicklung geeigneter Nutzungswege zur energetischen Verwertung des nach der Separation verbleibenden Pflanzenrestes geplant. Hierbei werden einphasige (Hohenheimer Biogasertragstest & kontinuierliche Abbaubersuche) und zweiphasige Anaerobsysteme unter Prüfung des Einsatzes von mechanischen Aufbereitungsverfahren und Prozesshilfsstoffen getestet und optimiert. Die Abbildung zeigt die Gehalte an Milchsäure, die durch die jeweilige Behandlungsvariante erzielt werden konnte, inkl. spezifischer Methanerträge der frischen Silagen im Vergleich zu den verbleibenden Pflanzenrückständen nach der Fest-Flüssig-Separation.



Milchsäuregehalt und spezifischer Methanertrag der Grassilagevarianten

## Entwicklung effizienter zweiphasiger Biogasanlagen über eine gekoppelte energetische und stoffliche Nutzung (Optigär)

Das Gesamtziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Kaskadennutzung und damit nachhaltigeren und ganzheitlicheren Verwertung von Agrarrohstoffen im Bereich der Bioökonomie-Forschung. Dabei steht die stoffliche Nutzung von Koppelprodukten als Basischemikalien mit potenziell hohen Preisen im Fokus.

Im Rahmen des Vorhabens wird ein neuartiges Konzept zur integrierten stofflichen Nutzung von zweiphasigen Biogasanlagen entwickelt. Mit diesem Konzept soll eine gekoppelte stoffliche und energetische Nutzung der Biogassubstrate ermöglicht werden. Im Hydrolyseprozess wird durch die gezielte Steuerung von Temperatur, pH-Wert sowie Pufferkapazität und dem Zusatz verschiedener Additive (Enzyme, Mikroorganismenkulturen, Puffersubstanzen) und einer gezielten Futterstoffauswahl versucht, die Konzentration an nutzbaren Plattformchemikalien zu erhöhen. Diese werden dann mit selektiven Membranen aus der Flüssigkeit entfernt. Der Rückstand wird anaerob im Methanisierungsreaktor verwertet.

Zur Optimierung der Ausbeuten an verwertbaren löslichen Stoffen werden die Gärprodukte regelmäßig nasschemisch analysiert. Es wird ein Screening sowohl von verschiedenen Substraten als auch von unterschiedlichen Reaktionsbedingungen der Hydrolyse im Hinblick auf die optimale Säurenproduktion durchgeführt. Ziel ist die Selektion geeigneter Substrate und der geeigneten Hydrolysebedingungen.

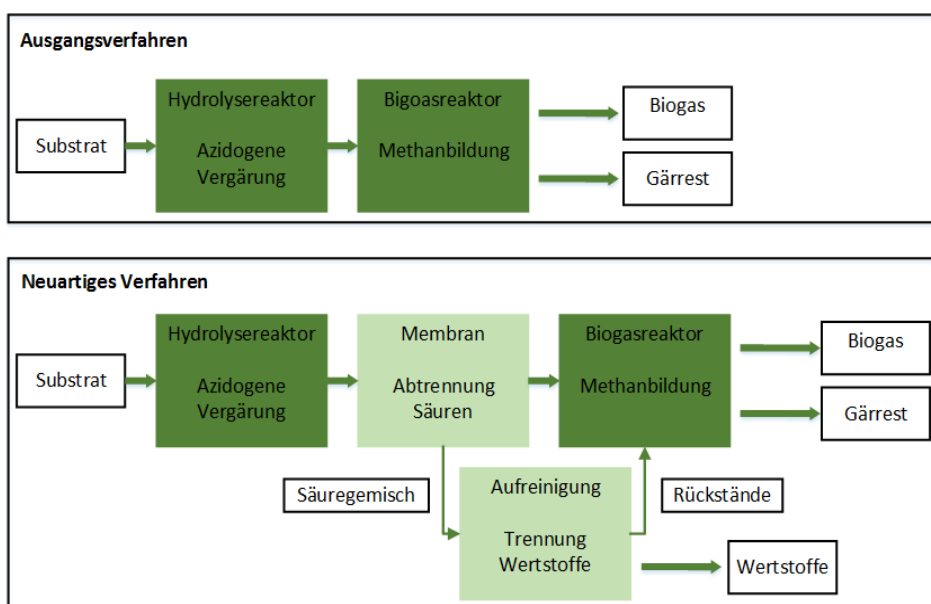
Die Abtrennung der wertbringenden Säuren erfolgt über spezielle Membranen durch das Fraunhofer Institut für chemische Technologie (ICT). Diese werden direkt in die Fermenterkette eingegliedert, um einen vollintegrierten Prozessablauf zu realisieren.

Zusätzlich werden eine Umweltbewertung und Wirtschaftlichkeitsabschätzung sowie ein Überführungskonzept für die Industrie durch das Europäische Institut für Energieforschung (ElFER) erstellt.



B.Sc. Jörg Steinbrenner

Dr. sc. agr. Hans  
Oechsner



Verfahren zur gekoppelten stofflich-energetischen Nutzung einer zweistufigen Biogasanlage

Förderung:  
Fachagentur Nach-  
wachsende Rohstoffe  
e.V. (FNR)

Partner:  
Fraunhofer-Institut für  
chemische Technologie  
(ICT)

ElFER Europäisches  
Institut für Energiefor-  
schung EDF-KIT EWIV

Lipp GmbH

Laufzeit:  
Sep. 2015 – Aug. 2018

## Optimiertes Substratmanagement und Einfluss von Gärrestzusammensetzung auf den Boden-Stickstoff und Boden-Humushaushalt



M. Sc. Natali Böttcher

Dr. sc. agr. Hans  
Oechsner

Die Nährstoffzusammensetzung in Gärresten und somit auch die spätere Humuswirksamkeit ist, in Abhängigkeit von den Gärsubstraten, sehr unterschiedlich. Der Einfluss der Gärrestaufbereitung auf die Zusammensetzung der Gärreste und ihre Düngewirkung ist bisher unzureichend untersucht. Weiterhin führen Lagerkapazitätsprobleme durch die Einhaltung von Sperrfristen zu einer saisonalen Verschiebung der Nährstoffversorgung. So ist die Lagerkapazität in den Praxisbetrieben häufig bereits im Herbst erschöpft, während der Stickstoffbedarf im Frühjahr am höchsten wäre.

Ziel des Gesamtprojektes ist es verschiedene spezifische Substrate mit Hilfe von stabilisotopischen  $^{15}\text{N}$ -Tracer molekularchemisch zu charakterisieren um deren Düngewirkung anschließend bewerten zu können. Des Weiteren soll die Veränderung der Stickstofffraktionen während des Biogasprozess dargestellt werden. Projektabschließend soll ein Beratungstool für Praktiker entstehen, für ein optimiertes Düngergebungsresultat.

Dazu werden an der Landesanstalt unterschiedlichen Untersuchungen zur isotopischen Stickstoffmarkierung von Gärresten, zur Untersuchung von Einflüssen auf die Gärrestzusammensetzung und zur Analyse des Stickstoffumsatzes während des Prozesses durchgeführt. Um die chemische Charakterisierung der Gärreste durchführen zu können wurden zunächst Mais, Weidelgras und Zuckerrüben im Gewächshaus mit  $^{15}\text{N}$  gelabelt und anschließend in einem 2L-Fed-Batchsystem vergärt. Das Verhältnis der Stickstofffraktionen über den zeitlichen Verlauf des Biogasprozesses wird anschließend durch Trennung der Fraktionen mittels Diffusion und massenspektroskopischer Analysen untersucht. Teile der Gärreste werden nach einer mechanischen fest-flüssig-Trennung zusätzlich molekular-chemisch charakterisiert (Norg-Fraktionen: nicht abgebautes Pflanzenprotein, heterozyklische N-Verbindungen, Aminosäuren, Bakterieneiweiß C<sub>org</sub>-Fraktionen (Phenole, Ligninmonomere, Alkylaromate), Sterolgehalte und als Dünger in Gefäßversuchen ausgebracht.

Förderung:  
Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR)

Partner:  
Universität Hohenheim  
Fachgebiet Düngung und Bodenstoffhaushalt (340i), Institut für Kulturpflanzenwissenschaften

Universität Rostock  
Professur für Bodenkunde

Steinbeis Forschungszentrum (SFZ)

Laufzeit:  
01.11.2014 - 30.10.2017



Gärversuch im 2L-Fed batch

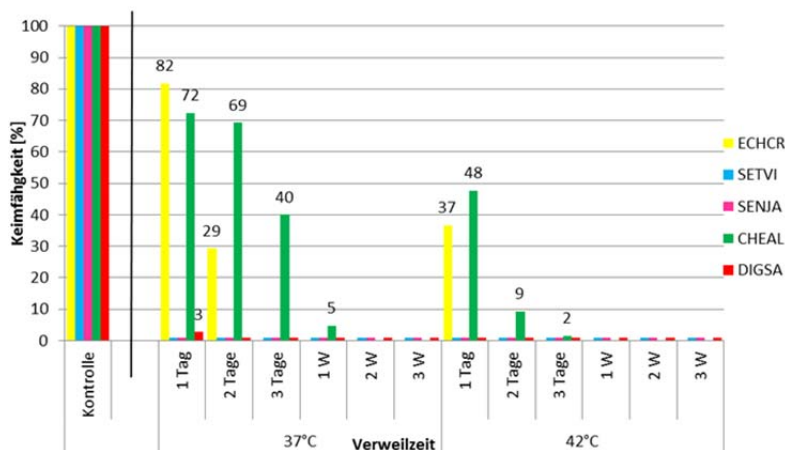


## Einfluss der Gärtemperatur und der Verweildauer im Biogas-Fermenter auf die Inaktivierung von Unkrautsamen

Das am häufigsten in landwirtschaftlichen Biogasanlagen eingesetzte Pflanzenmaterial ist Mais. Dieser kann, ebenso wie das Landschaftspflegegras, eine große Anzahl an Unkräutern beherbergen, deren Samen mit dem Erntegut in die Biogasanlagen eingetragen werden. Zwar liegt im Boden in der Regel eine große Zahl keimfähiger Unkrautsamen vor und ein Teil der Unkräuter kann auch vor der Ernte aussamen; es ist aber ein wichtiges Ziel des Biogasprozesses, die in den Fermenter gelangten Unkrautsamen während des Biogasprozesses abzutöten und so eine zusätzliche Anreicherung auf den mit Gärrest gedüngten Flächen zu verhindern.

Im Rahmen dieses Projektes wurde untersucht, unter welchen Bedingungen verschiedene Unkrautsamen im Fermenter abgetötet werden. Wie bereits in früheren Untersuchungen belegt, besteht ein enger Zusammenhang zwischen Unkrautart, der Temperatur im Fermenter und der Verweilzeit der Samen in diesem Milieu. Es wurden für die Untersuchung besonders robuste Arten mit langer Überlebensfähigkeit im Boden ausgewählt und solche, die häufig im Maisanbau zu finden sind: *Amaranthus retroflexus* (Zurückgebogener Amarant); *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß); *Digitaria sanguinalis* (Blutrote Fingerhirse); *Echinochloa crus-galli* (Hühnerhirse); *Senecio jacobaea* (Jakobskreuzkraut) und *Setaria viridis* (Grüne Borstenhirse). Die Samen wurden in Baumwollsäckchen eingenäht und gezielt im Fermenter platziert, der bei unterschiedlichen Temperaturen (37°C, 42°C und 52°C) betrieben wurde. Die Samen wurden für Zeiträume von 2 bis 24 Stunden (bei thermophiler Temperatur von 52°C) sowie zwischen 1 Tag und 21 Tagen (bei den mesophilen Varianten) im Fermenter belassen. Danach wurde im Keimtest nach den Vorgaben der ISTA (International Seed Testing Association) zusammen mit dem Institut für Phytomedizin - Fg. Herbologie die Keimfähigkeit der Samen untersucht.

Es zeigte sich, dass die meisten der Samen bei Temperaturen von 37°C bereits nach einer Verweilzeit von einem Tag inaktiviert waren. Nur die Samen der Hühnerhirse und des Weißen Gänsefußes überlebten bei Temperaturen von 37°C den ersten Tag in nennenswerter Anzahl. Der Weiße Gänsefuß war selbst nach einer Woche Verweilzeit noch nicht vollständig inaktiviert. Bei der Temperatur von 42°C war die Abtötung beschleunigt, Weißer Gänsefuß überlebte bis zu 3 Tage. Bei den Varianten, die bei thermophiler Temperatur gefahren wurden, zeigte sich eine schnelle Reduzierung der Keimfähigkeit. Bereits nach 24 Stunden waren alle Samen inaktiviert. Der Biogasprozess trägt also eindeutig dazu bei, den Unkrautdruck zu reduzieren.



Deutlich abnehmende Keimfähigkeit unterschiedlicher Unkrautsamen bei mesophiler Fermentertemperatur



M. Sc. Pascal Knödler

Prof. Dr. Roland Gerhards

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Förderung:  
Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg

Partner:  
Universität Hohenheim  
Institut für Phytomedizin  
Fg. Herbologie (360b)

## Untersuchungen zu den Auswirkungen von Antibiotika auf den Biogasprozess bei der Vergärung von Gülle



M. Sc. chem. Ricardo  
Luís Radis Steinmetz

Prof. Dr. chem. eng.  
Hugo Moreira Soares

Prof. Dr. med. vet.  
Ludwig E. Hölzle

Dr. sc. agr. Hans  
Oechsner

Weltweit werden Antibiotika in der Tierproduktion präventiv oder therapeutisch eingesetzt. In einigen Ländern, z.B. Brasilien, werden Antibiotika derzeit auch noch als Wachstumsförderer den Futtermitteln zugegeben. Allerdings wird ein Teil der Antibiotika (30 bis 90%) in seiner Ursprungsform oder als Stoffwechselprodukt wieder ausgeschieden. Dessen Gehalt in der Gülle kann in Biogasreaktoren zu Hemmung der Methanbakterien und damit verminderter Biogasproduktion führen.

Die Biogasproduktion ist die gängigste Methode der Güllenachbehandlung, die allerdings in Brasilien bisher nur punktuell genutzt wird. Außerdem ist die Kofermentation nachwachsender Rohstoffe eine gute Strategie um den Biogasmarkt und die Nachhaltigkeit der Tierproduktion in Entwicklungsländern zu fördern.

Dieses Projekt untersuchte die Auswirkungen verschiedener Antibiotika bei der Kofermentation von Gülle und NawaRo auf die Methanausbeute und die Kinetik der Gasbildung. Dazu wurden Inhibierungsversuche mit unterschiedlichen Konzentrationen an Tylosin, Tiamulin, Lincomycin und Gentamicin in Kombination mit typischen landwirtschaftlichen Substraten im HBT durchgeführt.

Ab dem dritten Versuchstag konnte eine signifikante Hemmung in folgender abnehmender Stärke beobachtet werden: Tylosin ~ Lincomycin > Tiamulin >> Gentamicin. Der Mindermethanertrag nach 35 Tagen Verweilzeit war für Lincomycin und Tiamulin höher als für die restlichen Varianten. Der Effekt der Hemmung lag für Schweinegülle übliche Antibiotikakonzentrationen unter 10% des Methanertrages, so dass ein Nachweis einer Hemmung nicht erbracht werden konnte. Allerdings könnte die Anreicherung von VFA (Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Iso-Buttersäure und iso-Valeriansäure) während des Prozesses die Hypothese stützen, dass diese Medikamente einen somatischen oder synergistischen Effekt mit anderen hemmenden Mechanismen (z.B.: Überlastung) erzeugen. Ergänzende Studien zu der Wirkung von Tierarzneimitteln auf anaerobe Mikroorganismen sind geplant und werden bei EMB-RAPA in Brasilien durchgeführt.

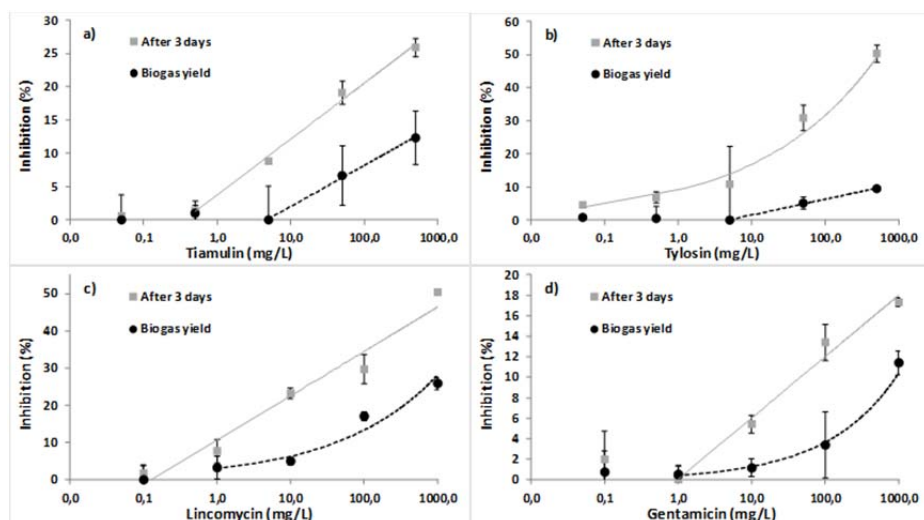
Förderung:  
Brazilian Ministry of  
Agriculture, Livestock  
and Food Supply  
(MAPA)

Partner:  
Brazilian Agricultural  
Research Corporation  
(Embrapa)

Federal University of  
Santa Catarina (UFSC)

Institute of Animal Sci-  
ence - University of  
Hohenheim

Laufzeit:  
11.09.2015 - 26.12.2015



Hemmung der Biogasproduktion aus dem Substrat Standardkraftfutter durch Tiamulin, Tylosin, Lincomycin und Gentamicin

## Auswirkungen von Spurenelementen auf den Biogasertag und die Prozessstabilität bei der Vergärung des Fruchtfleisches und der Schalen von Kaffeeirschen aus Äthiopien

Ethiopien ist das Ursprungsland des Arabika Kaffees. Die Kaffeeproduktion hat wichtige wirtschaftliche und kulturelle Auswirkungen und der Lebensunterhalt von fast einem Fünftel der Bevölkerung Äthiopiens ist davon abhängig.

Die primäre Kaffeeverarbeitung, mit dem Ziel grüne Kaffeebohnen für den Haushaltsgebrauch und für den Export zu produzieren, findet meist in Entwicklungsländern statt. Bei dem Prozess fallen große Mengen an Biomasse als Nebenprodukt (Fruchtfleisch, Schale, Pektinschicht und Pergamenthäutchen) an. Diese werden ohne weitere Verwendung deponiert und verursachen erhebliche ökologische und soziale Probleme.

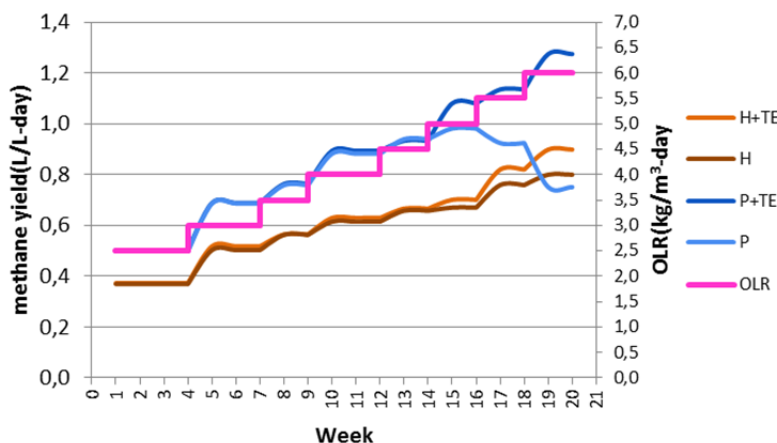
Das Biogasertagspotenzial (Mittels HBT) der Nebenprodukte war vielversprechend mit Ausnahme des Pergamenthäutchens. Folgende Methanerträge wurden bei 37°C und einer Verweilzeit von 35 Tagen ermittelt: Fruchtfleisch 0,245 m<sup>3</sup>/kg<sub>oTS</sub>, Schalen 0,159 m<sup>3</sup>/kg<sub>oTS</sub>, Pektinschicht 0,294 m<sup>3</sup>/kg<sub>oTS</sub>.

Die Elementaranalyse des Fruchtfleisches und der Schale zeigten, dass beiden Substraten wichtige Spurenelemente wie Mangan, Zink, Kobalt, Molybdän, Eisen, Nickel, Selen und Wolfram fehlten; die für eine dauerhaft stabile, kontinuierliche Monofermentation mit möglichst hoher Raumbelastung von entscheidender Bedeutung sind.

Die Biogasproduktion von Fruchtfleisch und Schale, mit und ohne Zugabe von Spurenelementen, wurde für 20 Wochen in horizontalen Rührkessel-Reaktoren (20L) in zweifacher Wiederholung untersucht. Die Raumbelastung konnte von anfänglich 2,5 schrittweise auf bis zu 6 kg<sub>oTS</sub>/m<sup>3</sup> d gesteigert werden.

Die durchschnittliche Methanproduktion aus Fruchtfleisch lag mit Spurenelementzusatz bei 1,3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> d (Raumbelastung 6 kg/m<sup>3</sup> d) und ohne bei 1 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> d (5 kg/m<sup>3</sup> d). Die Methanproduktion der Schalen lag bei Zugabe von Spurenelementen bei 0,9 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> und ohne Zugabe nur bei 0,8 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> jeweils bei einer Raumbelastung von 6 kg/m<sup>3</sup> d.

Speziell bei hohen Raumbelastungen liefen die Varianten mit Zusatz von Spurenelementen stabiler in Bezug auf die FOS / TAC-Werte und den Gehalt an flüchtigen Fettsäuren sowohl für das Fruchtfleisch und die Schalen. Auch in Hinsicht auf den Methanertrag waren diese Varianten überlegen. Darüber hinaus ermöglicht die Anwendung von Spurenelementen höhere Raumbelastungen.



Methanproduktion von Fruchtfleisch und Schalen mit und ohne Spurenelementzugabe (TE) bei verschiedenen Raumbelastungen



M.Sc. Bilhate L. Chala

Prof. Joachim Müller

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

Förderung:  
GlobE BiomassWeb  
project

Partner:  
Universität Hohenheim  
Institut für Agrartechnik  
Fg. Agrartechnik in den  
Tropen und Subtropen  
(440e)





## Beschaffung des Forschungsgrößgerätes „Biogas-BHKW“

Im Auftrag des Rektorates übernimmt die Landesanstalt die betriebliche Leitung sowie die Koordination der Forschungsprojekte an der Biogasanlage „Unterer Lindenhof“. Dieses Forschungsgrößgerät befindet sich im Eigentum der Universität Hohenheim und wird von der Versuchsstation Agrarwissenschaften betrieben. In der Biogasanlage wurden in 2015 täglich im Durchschnitt 9,7 t Flüssig- und Festmist aus der Tierhaltung des Standortes, 7,8 t nachwachsende Rohstoffe und 1,1 t Pferdemist zur Biogasproduktion genutzt. Durch die Verwertung des Biogases im Block-Heiz-Kraftwerk (BHKW) konnten 1,52 Mio. kWh Strom produziert und 1,04 Mio. kWh Wärme in das Nahwärmenetz des Standortes Lindenhöfe eingespeist werden. Die große Zahl der an der Biogasanlage durchgeführten Forschungsprojekte sowie die Vielzahl der Besucher aus verschiedensten Ländern belegt die Aktualität dieses Forschungsgrößgerätes.

In 2015 wurden an der Biogasanlage wesentliche vorbereitende Arbeiten durchgeführt, um die Anlage technisch weiter zu optimieren und an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen. Insbesondere die im Erneuerbaren Energien Gesetz explizit geforderten Flexibilisierung stellt neue Anforderungen an das Forschungsinstrument BHKW - von konstanter Bereitstellung von elektrischer Energie und Wärme hin zu nachfragegesteuerter Produktion und Verwertung. In 2015 wurde die baurechtliche Genehmigung zur Installation des neuen BHKW beantragt und schließlich durch die Gemeinde Eningen u.A. auch erteilt. Im gleichen Verfahren wurden für das von der FNR geförderte Forschungsprojekt „Zuckerrübenvergärung“ drei neuartige Versuchsfahrsiloanlagen beantragt und genehmigt. Anschließend wurden mit der Austausch der Mittelspannungs-Hauptverteilung und des BHKW-Transformators des Standortes „Lindenhöfe“ die notwendigen technischen Voraussetzungen für die Installation des leistungsstärkeren BHKW sowie für die Eigenstromversorgung des Standortes über die Biogasanlage geschaffen.

Mit dem neuen Biogas-BHKW mit einer maximalen elektrischen Leistung von 350 kW wird das bestehende 186 kWel. BHKW ersetzt. Lastwechselbetrieb, Integration in virtuelle Kraftwerke und bedarfsgerechte Stromproduktion sowie die Nutzung der Abgaswärme zur Stromproduktion sind neue verfahrenstechnischen Herausforderungen. Deren Einflüsse auf Wirkungsgrade, Emissionen, Wartungskosten und Standzeiten sind neue Forschungsfelder, die mit dem zu beschaffenden Biogas-BHKW in Kombination mit der Forschungs-Biogasanlage bearbeitet werden können.



Dr. sc. agr. Andreas  
Lemmer



Dr. sc. agr. Hans-  
Joachim Nägele



Fermenter der Forschungsbiogasanlage mit mechanischer Substrataufbereitung

Förderung:  
Universität Hohenheim

Laufzeit:  
Beantragt 2014 - Realisierung 2016

## Mitveranstaltete Tagungen

- **ALB Fachtagung - „Milchviehhaltung“**  
5. März 2015  
Universität Hohenheim, Stuttgart, veranstaltet zusammen mit der ALB Baden-Württemberg
- **ALB Fachveranstaltung - „Mehr Tierwohl – der baden-württembergische Weg“**  
25. März 2015  
Schwäbisch Hall-Veinau, veranstaltet zusammen mit der ALB Baden-Württemberg
- **ALB Fachgespräch - „Neue Richtlinien zur Lagerung von Gülle, Jauche, Silagesickersaft“**  
26. November 2015  
Erbach-Dellmensingen, veranstaltet zusammen mit der ALB Baden-Württemberg
- **International Biogas & AD Training Course**  
13.-17 April 2015  
Stuttgart, Universität Hohenheim, veranstaltet mit IBBK
- **International Biogas & AD Training Course**  
14.-18. September 2015  
Stuttgart, Universität Hohenheim, veranstaltet mit IBBK

## Internationale Gastwissenschaftler an der Landesanstalt

- **Ricardo Luís Radis Steinmetz**  
„Untersuchungen zu den Auswirkungen von Antibiotika auf den Biogasprozess bei der Vergärung von Gülle“  
Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA)  
Brasilien
- **Aida Sandybaeva**  
„Einfluss magnetischer Felder auf die Kinetik der Biogasproduktion“  
Technical State University named by I.Razzakov  
Kirgistan
- **Elena Kobiakova (Елена Кобякова)**  
„Anwendungsmöglichkeiten der Biogastechnologie zur Behandlung von Rindergülle in der Republik Jakutien“  
East-Siberia State University of Technology and Management  
Russische Föderation
- **Bilhate L. Chala**  
„Auswirkungen von Spurenelementen auf den Biogasertrag und die Prozessstabilität bei der Vergärung des Fruchtfleisches und der Schalen von Kaffeeirschen aus Äthiopien“  
Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik, Fg. Agrartechnik in den Tropen und Subtropen (440e)

## Social Media

**Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele**

Erstellung der Website: <http://www.bioenergieforschungsplattform-bw.de>

im Auftrag des Ministeriums für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden Württemberg

---

## Abschlussarbeiten 2015

### Promotionsarbeiten

#### Nicola Loenard Haag

Production of lactic acid and methane from renewable resources - an innovative green biorefinery concept for biogas process chains. Dissertation, Universität Hohenheim.

[http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2016/1165/pdf/20151221\\_Dissertation\\_Haag.pdf](http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2016/1165/pdf/20151221_Dissertation_Haag.pdf)

#### Jonas Lindner

The effect of enzyme additives on the anaerobic digestion of energy crops. Dissertation, Universität Hohenheim.

Die Promotionen von Mitarbeitern der Landesanstalt an der Fakultät für Agrarwissenschaften wurden vom Oberleiter der Landesanstalt, Herrn Prof. Dr. Thomas Jungbluth wissenschaftlich betreut.

### Masterarbeiten

#### Pascal Knödler

Einfluss der Gärtemperatur und Verweildauer auf die Abtötung ausgewählter Unkrautsamen im Biogasprozess

#### Colin Kohler

Optimierung des biologischen Methanisierungsprozess von Wasserstoff in Hinsicht auf die Eintragstechnik

#### Roman Schindler

Municipal waste treatment in urban areas: A case study on large-scale biogas production in Nakhon Ratchasima

#### Sabine Schmitz

Study of the Co-digestion of solid wastes with comparison of degradation kinetics and organic matter accessibility

#### Stephan Ruile

Mischgüte von Gärsubstrat im Biogasfermenter in Abhängigkeit der Rührintensität: Untersuchungen im Praxismaßstab an der Forschungsbiogasanlage Unterer Lindenhof

#### Ralf Löff

Mechanische Zerkleinerung und enzymatischer (*Lentinula edodes*) Aufschluss von separiertem Gärrest, zur Steigerung des Gesamtmethanertrages

#### Nabil Faouzi

Mechanische Zerkleinerung und enzymatischer (*Lentinula edodes*) Aufschluss von separiertem Gärrest, zur Steigerung des Gesamtmethanertrages

## Bachelorarbeiten

### Jochen Gräber

Aufbau und Erprobung eines Teststandes zur Onlinemessung von organischen Säurekonzentrationen mittels eines akustischen Wellenleiters

### Fabian Hohner

Untersuchungen zur Trocknung von Gärrest mit BHKW-Abgasen

### Tobias Zeh

Untersuchungen zur biologischen Methanisierung von Wasserstoff

### Julian Veit

Biogaspotentialanalyse von Reststoffen der Feldgemüseproduktion in der Filderregion

## Projektarbeiten

### Lukas Illi

Massenbilanz zur zweistufigen Vergärung von verschiedenen Substraten

### Karsten Luff

Massenbilanz zur zweistufigen Vergärung von verschiedenen Substraten

### Sebastian Bing

Untersuchungen des anaeroben Abbaus von Obst- und Gemüseabfällen in einer zweistufigen Anlage

### Sinem Karagöz

Untersuchungen des anaeroben Abbaus von Obst- und Gemüseabfällen in einer zweistufigen Anlage



## Veröffentlichungen 2015

### Peer-reviewed

**Haag, N.L.; Grumaz, C.; Wiese, F.; Kirstahler, P.; Merkle, W.; Nägele, H.-J.; Sohn, K.; Jungbluth, T.; Oechsner, H.**

Advanced green biorefining: effects of ensiling treatments on lactic acid production, microbial activity and supplementary methane formation of grass and rye. 2015; Springer; Biomass Conversion and Biorefinery; S. 1-12

**Haag, N.L.; Nägele, H.-J.; Fritz, T.; Oechsner, H.**

Effects of ensiling treatments on lactic acid production and supplementary methane formation of maize and amaranth - An advanced green biorefining approach. 2015; Elsevier Ltd.; Bioresource Technology, 178; S. 217-225

**Haag, N.L.; Nägele, H.-J.; Reiss, K.; Biertümpfel, A.; Oechsner, H.**

Methane formation potential of cup plant (*Silphium perfoliatum*). 2015; Elsevier Ltd.; Biomass and Bioenergy, 75; S. 126-133

**Kielhorn, E.; Sachse, S.; Moench-Tegeder, M.; Naegele, H.-J.; Haelsig, C.; Oechsner, H.; Vonau, W.; Neubauer, P.; Junne, S.**

Multiposition Sensor Technology and Lance-Based Sampling for Improved Monitoring of the Liquid Phase in Biogas Processes. 2015, Energy and Fuels, 29 (7), S. 4038-4045, DOI: 10.1021/ef502816c

**Lemmer, A.; Chen, Y.; Lindner, J.; Wonneberger, A.M.; Zielonka, S.; Oechsner, H.; Jungbluth, T.**

Influence of different substrates on the performance of a two-stage high pressure anaerobic digestion system. 2015; Elsevier Ltd.; Bioresource Technology, 178; S. 313-318

**Lemmer, A.; Chen, Y.; Wonneberger, A.-M.; Graf, F.; Reimert, R.**

Integration of a water scrubbing technique and two-stage pressurized anaerobic digestion in one process. 2015; MDPI AG; Energies, 8; S. 2048-2065

**Lindner, J.; Zielonka, S.; Oechsner, H.; Lemmer, A.**

Effect of different pH-values on process parameters in two-phase anaerobic digestion of high-solid substrates. 2015; Taylor and Francis Ltd.; Environmental Technology (United Kingdom), 36; S. 198-207

**Lindner, J.; Zielonka, S.; Oechsner, H.; Lemmer, A.**

Effects of mechanical treatment of digestate after anaerobic digestion on the degree of degradation. 2015; Elsevier Ltd.; Bioresource Technology, 178; S. 194-200

**Moeller, L.; Eismann, F.; Wißmann, D.; Nägele, H.-J.; Zielonka, S.; Müller, R.A.; Zehnsdorf, A.**

Innovative test method for the estimation of the foaming tendency of substrates for biogas plants. 2015; Elsevier Ltd.; Waste Management, 41; S. 39-49

**Mönch-Tegeder, M.; Lemmer, A.; Hinrichs, J.; Oechsner, H.**

Development of an in-line process viscometer for the full-scale biogas process. 2015; Elsevier Ltd.; Bioresource Technology, 178; S. 278-284

**Oechsner, H.; Khanal, S.K.; Taherzadeh, M.**

Advances in Biogas Research and Application (Editorial). 2015; Elsevier B.V.; Bioresource Technology, 178; S. 177

**Ruile, S.; Schmitz, S.; Mönch-Tegeder, M.; Oechsner, H.**

Degradation efficiency of agricultural biogas plants - A full-scale study. 2015; Elsevier Ltd.; Bioresource Technology, 178; S. 341-349

**Sawatdeenarunat, C.; Surendra, K.C.; Takara, D.; Oechsner, H.; Khanal, S.K.**

Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities. 2015; Elsevier Ltd.; Bioresource Technology, 178; S. 178-186

## Sonstige Veröffentlichungen

**Bräsel M.; Oechsner, H.**

Strom aus Pferdemist – Pferdemist ist derzeit noch wenig genutzter Reststoff für Bioenergiepotenzial. Forschungen kommen zu vielversprechenden Ergebnissen, Biogasjournal 4/2015, Seite 68-71

**Haag, N.; Nägele, H.; Reiß, K.; Biertümpel, A.; Oechsner, H.**

Methanertragspotenzial der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum*). Im Tagungsband zum FNR/KTBL-Kongress vom 22. bis 23. September 2015 in Potsdam: Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven, Seite 352-353, 2015, Bestell-Nummer: 11508, ISBN 978-3-945088-07-4,

<https://www.ktbl.de/fileadmin/produkte/leseprobe/11508excerpt.pdf>

**Kumanowska, E.; Zielonka, S.; Oechsner, H.**

Zweiphasige Vergärung von Zuckerrüben und zur Biomethanherzeugung – Verfahrenstechnische Optimierung der Konservierung und der Konversion zur Steigerung der Energieausbeute. Im Tagungsband zum FNR/KTBL-Kongress vom 22. bis 23. September 2015 in Potsdam: Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven, Seite 348-349, 2015, Bestell-Nummer: 11508, ISBN 978-3-945088-07-4,

<https://www.ktbl.de/fileadmin/produkte/leseprobe/11508excerpt.pdf>

**Lecker, B.; Oechsner, H.**

Entwicklung eines Verfahrens zur fermentativen Konversion von Wasserstoff aus fluktuierenden Quellen zu Biomeathan in Biogasanlagen (H<sub>2</sub>-Transfer). . Im Tagungsband zum FNR/KTBL-Kongress vom 22. bis 23. September 2015 in Potsdam: Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven, Seite 383-384, 2015, Bestell-Nummer: 11508, ISBN 978-3-945088-07-4, <https://www.ktbl.de/fileadmin/produkte/leseprobe/11508excerpt.pdf>

**Leible, L.; Kälber, S.; Kappler, G.; Oechsner, H.; Mönch-Tegeder, M.**

Biogas aus Landschaftspflegegras – Möglichkeiten und Grenzen. KIT scientific publishing, Karlsruhe, ISBN: 9783731503538, 73 Seiten, 2015

**Lemmer, A.**

„Prospects of biogas utilisation – upgrading, flexibility, vehicle fuel“. International Biogas and AD Training Course, Hohenheim, 17.04.2015

**Lemmer, A.**

„Prospects of biogas utilisation – upgrading, flexibility, vehicle fuel“. International Biogas Training Course, Stuttgart Hohenheim, 18.09.2015

**Lindner, J.; Miroshnichenko, I.; Lemmer, A.**

УВЕЛИЧЕНИЕ МЕТАНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БОГАТОЙ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗОЙ БИОМАССЫ ПУТЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭНЗИМНОЙ ПОДГОТОВКИ ПРИ ЕЕ ПОВТОРНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ В БИОГАЗ (Steigerung des Methanertrages von lignocellulosehaltiger Biomasse durch mechanische und enzymatische Gärrestaubbereitung), Инновации в АПК: проблемы и перспективы (Innovation in der Landwirtschaft: Probleme und Perspektiven), 6; S. 111-117. 2015

**Lindner, J.; Lemmer, A.; Miroshnichenko I.**

Effects of mechanical and enzymatic treatment of digestates after anaerobic digestion on the degree of degradation, 23rd European Biomass Conference & Exhibition, Wien, 03.06.2015, Tagungsband

**Lindner, J.; Miroshnichenko, I.; Zielonka, S.; Oechsner, H.; Lemmer, A.**

Mechanische und enzymatische Aufbereitung von Gärresten zur anschließenden Rückführung in den Prozess. Im Tagungsband zum FNR/KTBL-Kongress vom 22. bis 23. September 2015 in Potsdam: Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven, Seite 443-444, 2015, Bestell-Nummer: 11508, ISBN 978-3-945088-07-4, <https://www.ktbl.de/fileadmin/produkte/leseprobe/11508excerpt.pdf>

**Merkle, W.**

Hochdruckfermentation bis 100 bar: Einfluss auf die Biogasproduktion und –aufbereitung. Im Tagungsband zum FNR/KTBL-Kongress vom 22. bis 23. September 2015 in Potsdam: Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven, Seite 348-349, 2015, Bestell-Nummer: 11508, ISBN 978-3-945088-07-4, <https://www.ktbl.de/fileadmin/produkte/leseprobe/11508excerpt.pdf>

**Nägele, H.-J.**

Das Ende des Schaums - Bekämpfung der chronischen Schaumbildung der Biogasanlage in Andelbach. In: Moeller, L.; Zehnsdorf, A.; Thrän, D.; Pfeiffer, D.: Fokusheft Energetische Biomassenutzung - Focus on – Schaumbildung in Biogasanlagen.; Redaktion: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH; Programmbegleitung des Förderprogramms "Energetische Biomassenutzung". Leipzig; ISSN: 2192-1156

**Oechsner, H.**

Restgasbildungspotenzial im Gärreststoff – Abhängigkeit von Input und Anlagenkonstellation. Fortbildungsveranstaltung der Umweltberater Baden-Württemberg beim Regierungspräsidium Stuttgart. Fortbildung F2.1 Biogasanlagen – aktueller Stand, Stuttgart, 03.02.2015, Präsentationsfolien im Intranet des Umweltministeriums Baden-Württemberg

**Oechsner, H.**

Biomethane Potentialtest – Parameters, Results and Evaluation, 2nd conference on monitoring and process control of anaerobic digestions plants. Herausgeber: DBFZ Leipzig, Seite 16, Leipzig, 17.-18.03.2015, Tagungsband [https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user\\_upload/Veranstaltungen/Tagungen/PMT\\_2015/Tagungsgreader\\_PMT\\_2015\\_web\\_hq.pdf](https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Veranstaltungen/Tagungen/PMT_2015/Tagungsgreader_PMT_2015_web_hq.pdf)

**Oechsner, H.**

Sind Biogasanlagen karnevalstauglich. Pressemitteilung der Universität Hohenheim und Veröffentlichung im Kölner Stadtanzeiger, 17.02.2015

**Oechsner, H.**

Biogasproduktion – Stand der Technik und aktuelle Entwicklungen. 1. Hammer Bioenergietage, 20.-22.07.2015, Tagungsband

**Oechsner, H.**

Biogasproduction – State of the art an inovative efforts for advancement of technology. 3rd great cycle meeting – international symposium of bioenergy and nutrient recovery for organic waste, China Agricultural University Beijing, China, 06.-09.08.2015, Tagungsband

**Oechsner, H.**

Experiences with mechanical pretreatment of horse dung on a biogas plant (190 kW). Interbaltic Biogas Arena, IBBA workshop 2015, Malmö, Schweden, 10.09.2015, Tagungsband, <http://conference.sgc.se/?pg=1445813>

**Oechsner, H.**

Biogasproduction in Germany – State of the art in new challenges. Internationaler Kongress: New Horizons in Biotechnology (NHBT 2015), Seite 129, Trivandrum, Indien, 22.-25.11.2015, Tagungsband

**Oechsner, H.; et. al.**

Mitverfasser bei: Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. KTBL-Heft 107, 3. Auflage, 2015

**Oechsner, H.; Lemmer, A.**

Biologische Methanisierung von Wasserstoff in Biogasanlagen – „Power to gas“. 10. Biogastag Baden-Württemberg, Fachverband Biogas und Universität Hohenheim, 03.03.2015, [www.biogas.org](http://www.biogas.org)

**Oechsner, H.; Mönch-Tegeder, M.**

Erschließung von Pferdemit als Gärsubstrat für Biogasanlagen. In: Schriftenreihe des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Heft 19, Neue Wege zur Prozessoptimierung in Biogasanlagen – Teil 3, Seite 9-21, 2015, [https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Ver%C3%B6ffentlichungen/19\\_BGA3\\_web\\_red.pdf](https://www.energetische-biomassenutzung.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Ver%C3%B6ffentlichungen/19_BGA3_web_red.pdf)

**Oechsner, H.; Ruile, S.**

Technische Möglichkeiten zur Reduzierung des Lagerbedarfs von Gärrest bei Biogasanlagen. ALB-Fachgespräch „Neue Richtlinien zur Lagerung von Jauch-, Gülle- und Silagesickersaft“, S. 79–93, Delmensingen, 26.11.2015, Tagungsband, <http://www.alb-bw.uni-hohenheim.de/2teOrdnung/FG-pdf-Dateien/2015/Fachgespr%E4ch-2015.htm>

**Oechsner, H.; Ruile, S.; Schmitz, S.**

Untersuchungen zum Restgaspotenzial an 25 Biogasanlagen in Baden-Württemberg. 10. Biogastag Baden-Württemberg, Fachverband Biogas und Universität Hohenheim, 03.03.2015, [www.biogas.org](http://www.biogas.org)

**Oechsner, H.; Ruile, S.; Schmitz, S.**

Abbauleistung von landwirtschaftlichen Biogasanlagen – Restgaspotenzialuntersuchung an 25 Anlagen. Im Tagungsband zum FNR/KTBL-Kongress vom 22. bis 23. September 2015 in Potsdam: Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven, Seite 172-181, 2015, Bestell-Nummer: 11508, ISBN 978-3-945088-07-4, <https://www.ktbl.de/fileadmin/produkte/leseprobe/11508excerpt.pdf>

**Ruile, S.; Oechsner, H.**

Untersuchungen an einer Vakuumstrocknungsanlage für Gärrest mit Erzeugung von Ammoniumsulfat (System Hartmann). 10. Biogastag Baden-Württemberg, Fachverband Biogas und Universität Hohenheim, 03.03.2015, [www.biogas.org](http://www.biogas.org)



---

## Konferenz-/Tagungsbeiträge

**Haag, N.; Nägele, H.; Reiß, K.; Biertümpel, A.; Oechsner, H.**

Methanertragspotenzial der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum*). KTBL/FNR-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven, Potsdam, 22.-23.09.2015, Poster

**Junne, S.; Kiehlhorn, E.; Kress, P.; Nägele, H.-J.**

FlexFeed – Flexibilisierte Fütterung in Biogasprozessen mit Modell-basierter Prozesserkennung im Praxismaßstab. 6. Statuskonferenz des Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“, Leipzig, 11. – 12.11.2015, Poster

**Kress, P.**

Effizienz von Rührwerken in Abhängigkeit der Rührwerksart und der Rührdauer. 6. Triesdorfer Biogastag, Triesdorf, 03. Dezember 2015, Vortrag

**Kumanowska, E.; Zielonka, S.; Oechsner, H.**

Zweiphasige Vergärung von Zuckerrüben zur Biomethanerzeugung - Verfahrenstechnische Optimierung der Konservierung und der Konversion zur Steigerung der Energieausbeute. KTBL/FNR-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven, Potsdam, 22.-23.09.2015, Poster

**Lecker, B.; Oechsner, H.**

Entwicklung einer Methode zur biologischen Umwandlung von Wasserstoff zu Biomethan in Biogasanlagen (H<sub>2</sub>-Transfer). 1. Bioeconomy Congress, Stuttgart, 29.&30.10.14, Poster

**Lecker, B.; Oechsner, H.**

Entwicklung eines Verfahrens zur fermentativen Konversion von Wasserstoff aus fluktuierenden Quellen zu Biomethan in Biogasanlagen. KTBL/FNR-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven, Potsdam, 22.-23. September 2015, Poster

**Lecker, B.; Oechsner, H.**

H<sub>2</sub>-Transfer. Statusseminar Bioökonomie Forschungsprogramm BaWü, Stuttgart Hohenheim, 29.10.15, Poster

**Lemmer, A.**

„Prospects of biogas utilisation – upgrading, flexibility, vehicle fuel“. International Biogas Training Course, Stuttgart Hohenheim, 18.09.2015, Vortrag

**Lemmer, A.**

„Quantifizierung der Wege der Methanbildung – Offene Fragen und verfahrenstechnische Lösungsansätze zur Gewinnung der notwendigen Messdaten“. Biogas Competence Network, Berlin, 14.09.2015, Vortrag

**Lemmer, A.**

„Besondere Eigenschaften verschiedener Gülle- und Festmistarten bei der Vergärung“. Chancen der Güllevergärung in kleinen Hofbiogasanlagen, Tagung der FNR und des LAZBW, Seligweiler, 15.04.2015, Vortrag

**Lemmer, A.**

„Prospects of biogas utilisation – upgrading, flexibility, vehicle fuel“. International Biogas and AD Training Course, Hohenheim, 17.04.2015, Vortrag

**Lemmer, A.**

„Forschungsinitiativen und –projekte zur Biogasnutzung“. 10. Biogastag Baden-Württemberg, Tagung des Fachverbandes Biogas und der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie, Stuttgart Hohenheim, 03.03.2015, Vortrag

**Lindner, J.; Miroshnichenko, I.; Zielonka, S.; Lemmer, A.**

Механическая и ферментативная обработка остатков анаэробной ферментации и их повторное использование для получения биогаза (Mechanische und enzymatische Aufbereitung von Biogasgärresten und die anschließende Rückführung in den Prozess), Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий (Annual Conference of Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin), Belgorod, 25.05.2015, Vortrag

**Lindner, J.; Miroshnichenko, I.; Zielonka, S.; Lemmer, A.**

Effects of mechanical and enzymatic treatment of digestates after anaerobic digestion on the degree of degradation, 23rd European Biomass Conference & Exhibition, Wien, 03.06.2015, Vortrag

**Lindner, J.; Miroshnichenko, I.; Zielonka, S.; Oechsner, H.; Lemmer, A.:**

Mechanische und enzymatische Aufbereitung von Gärresten zur anschließenden Rückführung in den Prozess., KTBL/FNR Kongress Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven, Potsdam, 22.-23.09.2015, Poster

**Merkle, W.**

High-pressure anaerobic digestion up to 100 bar: the effects on biogas production and upgrading. REGATEC, Barcelona, 07.-08.05.2015, Poster

**Merkle, W.**

Hochdruckfermentation bis 100 bar: Einfluss auf die Biogasproduktion und –aufbereitung. KTBL/FNR-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven, Potsdam, 22.-23.09.2015, Poster

**Merkle, W.**

High-pressure anaerobic digestion up to 100 bar: the effects on biogas production and upgrading. AD14 Viña del Mar, 15.-18. November 2015, Poster

**Nägele, H.-J.**

Flexible Biogasproduktion – Werktags und am Wochenende. 10. Biogastag Baden-Württemberg, Stuttgart, Universität Hohenheim, 03.03.2015, Vortrag

**Nägele, H.-J.**

Neues aus der Biogasforschung: Flexible Stromerzeugung durch flexible Fütterung?. Biogasstammtisch Weitenau Weitenau, 04.03.2015, Vortrag

**Nägele, H.-J.**

Neues aus der Biogasforschung: Effizienzsteigerung durch Optimierung der Rührtechnik. Biogasstammtisch Weitenau Weitenau, 04.03.2015, Vortrag

**Nägele, H.-J.**

Das Ende des Schaums - Bekämpfung der chronischen Schaumbildung an der Biogasanlage der Agrarenergie Andelbach GmbH & Co KG. Spezialworkshop Schaubildung in Biogasanlagen, Leipzig, 19.03.2015, Vortrag

**Nägele, H.-J.**

Präsentation des Projektteils der Landesanstalt. Statuskolloquium im Projekt Gobi, Stuttgart Fraunhofer IGB, 08.10.2015, Vortrag

**Nägele, H.-J.**

Effizient von Biogasanlagen mit Schwerpunkt „Rührwerke“. 6. Triesdorfer Biogastag, Triesdorf, 03.12.2015, Vortrag

**Oechsner, H.**

Restgasbildungspotenzial im Gärreststoff – Abhängigkeit von Input und Anlagenkonstellation. Fortbildungsveranstaltung der Umweltberater Baden-Württemberg beim Regierungspräsidium Stuttgart. Fortbildung F2.1 Biogasanlagen – aktueller Stand am 03.02.2015, Vortrag

**Oechsner, H.**

Untersuchungen zum Restgaspotenzial an 25 Biogasanlagen in Baden-Württemberg. 10. Biogastag Baden-Württemberg, Fachverband Biogas und Universität Hohenheim, 03.03.2015, Vortrag

**Oechsner, H.; Lemmer, A.**

Biologische Methanisierung von Wasserstoff in Biogasanlagen – „Power to gas“. 10. Biogastag Baden-Württemberg, Fachverband Biogas und Universität Hohenheim, 03.03.2015, Vortrag

**Oechsner, H.**

Biomethan Potentialtest – Parameter, Results and Evaluation. 2nd conference on monitoring and process control of anaerobic digestions plants, Herausgeber: DBFZ Leipzig am 17.-18.03.2015 in Leipzig, Vortrag

**Oechsner, H.**

Biogasproduktion – Stand der Technik und aktuelle Entwicklungen. Bei 1. Hammer Bioenergietage, Hamm, 20.-22.07.2015, Vortrag

**Oechsner, H.**

Biogasproduktion – State of the art and innovative efforts for advancement of technology. 3rd great cycle meeting – International symposium of bioenergy and nutrient recovery for organic waste, China Agricultural University Beijing, China, 06.-09.08.2015, Vortrag

**Oechsner, H.**

Introduction to agricultural biogas technology. 2nd great cycle for students, international symposium of bioenergy and nutrient recovery from organic waste, Beijing, China, 05.08.2015, Vortrag

**Oechsner, H.**

Experiences with mechanical pretreatment of horse dung on a biogas plant (190 kW). Interbaltic Biogas Arena, IBBA workshop 2015, Malmö, Schweden, 10.09.2015, Vortrag

**Oechsner, H.; Ruile, S.; Schmitz, S.**

Abbauleistung von landwirtschaftlichen Biogasanlagen – Restgaspotenzialuntersuchung an 25 Anlagen. KTBL/FNR-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven, Potsdam, 22.-23.09.2015, Vortrag

**Oechsner, H.**

Biogas – Wohin geht der biologische Trend? Wirtschaftliche Potenziale nachwachsender Rohstoffe. Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschafts Kongress Baden-Württemberg, Liederhalle, Stuttgart, 07.-08.10.2015, Vortrag

**Oechsner, H.**

Biogasproduction in Germany – State of the art in new challenges. Vortrag bei internationaler Kongress: New Horizons in Biotechnology (NHBT 2015), in Trivandrum, Indien, 22.-25.11.2015, Vortrag

**Oechsner, H.; Ruile, S.**

Technische Möglichkeiten zur Reduzierung des Lagerbedarfs von Gärrest bei Biogasanlagen. ALB-Fachgespräch „Neue Richtlinien zur Lagerung von Jauch-, Gülle- und Silagesickersaft“, Delmensingen, 26.11.2015, Vortrag

**Ruile, S.; Oechsner, H.**

Untersuchungen an einer Vakuumstrocknungsanlage für Gärrest mit Erzeugung von Ammoniumsulfat (System Hartmann). 10. Biogastag Baden-Württemberg, Fachverband Biogas und Universität Hohenheim, 03.03.2015, Vortrag

# Die Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie

## Leitung

Dr. sc. agr. Hans Oechsner

## Oberleitung

Prof. Dr. sc. agr. Thomas Jungbluth

## Stellvertretender Leiter

Dr. sc. agr. Andreas Lemmer

## Sekretariat

Margit Andratschke

## Wissenschaftliche Mitarbeiter, Post-Docs

Dr. sc. agr. Nicola Leonard Haag (Post-Doc)

Dr. sc. agr. Hans-Joachim Nägele (Post-Doc)

Dr. sc. agr. Simon Zielonka (Post-Doc)

## Laboringenieur/in

Dr. sc. agr. Annett Reinhardt-Hanisch, Mitarbeiterin am Institut für Agrartechnik (Verfahrenstechnik Tierhaltungssysteme)

## Doktoranden/innen<sup>1)</sup>

M.Sc. Bernhard Lecker

M.Sc. Elzbieta Kumanowska

M.Sc. Johannes Krümpel

M.Sc. Jonas Lindner

B.Sc. Jörg Steinbrenner

M.Sc. Natali Böttcher

M.Sc. Nicola Leonard Haag

M.Sc. Padma Priya Ravi

M.Sc. Philipp Kress

M.Sc. Timo Ullrich

M.Sc. Wolfgang Merkle

## Technische Mitarbeiter/innen und Projektassistentin

Dipl.-Ing. agr. Christof Serve-Rieckmann

B.Sc. Daniel Riehle

Jochen Harder

B.Sc. Lukas Illi

B.Sc. Stephan Ruile

B.Sc. Sabine Schmitz

## CTAssistentinnen

Dipl.-Biol. Annette Buschmann

Christine Baur

Inga Buschmann (Praktikantin)

<sup>1)</sup> Promotionsarbeiten unter wissenschaftlicher Betreuung von Prof. Dr. Thomas Jungbluth







***Besucheranschrift:***

*Universität Hohenheim  
Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie  
Garbenstraße 9  
70599 Stuttgart*

***Postanschrift:***

*Universität Hohenheim (740)  
70593 Stuttgart*

*Tel.: +49 (0)711 459-22683*

*Fax.: +49 (0)711 459-22111*

*Email: [la740@uni-hohenheim.de](mailto:la740@uni-hohenheim.de)*

*Homepage: [www.uni-hohenheim.de/labioenergie](http://www.uni-hohenheim.de/labioenergie)*



**Von links nach rechts:**

Hans Oechsner, Christof Serve-Rieckmann, Andreas Lemmer, Philipp Kress, Timo Ullrich, Margit Andratschke, Hans-Joachim Nägele, Nicola Haag, Annette Buschmann, Bernhard Lecker, Elzbieta Kumanowska, Jochen Harder, Padma Priya Ravi, Simon Zielonka, Jörg Steinbrenner, Wolfgang Merkle, Christine Baur, Johannes Krümpel, Natali Böttcher, Jacqueline Kindermann (ab 2016), Aida Sandybaeva (Gastwissenschaftlerin), Elke Weiß (ALB BW)

**Es fehlen:** Stephan Ruile, Sabine Schmitz, Annett Reinhardt-Hanisch (VTH), Lukas Illi, Jonas Lindner, Daniel Riehle,